国家出版基金项目
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION

BODY SCULPTURE
—LIPOSUCTION AND LIPOTRANSFER

形体雕塑与脂肪移植外科学

主编 刘 毅
郭树忠

整形美容外科学全书 Vol. 2

浙江出版联合集团 浙江科学技术出版社

VISIT…

LANZAROTE Caliente.COM

Plastic and Reconstructive Surgery Vol.2

ISBN 978-7-5341-4815-6

9 787534 148156 >

定价：280.00元

国家出版基金项目
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION

整形美容外科学全书 Vol. 2

形体雕塑与脂肪移植外科学

主编 刘 毅 郭树忠

浙江出版联合集团 浙江科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

形体雕塑与脂肪移植外科学 / 刘毅，郭树忠主编.
—杭州：浙江科学技术出版社，2012. 11
（整形美容外科学全书）
ISBN 978-7-5341-4815-6

Ⅰ. ①形… Ⅱ. ①刘… ②郭… Ⅲ. ①脂肪组织—移植术（医学） Ⅳ. ①R622

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2012）第 193078 号

丛 书 名	整形美容外科学全书
书　　名	**形体雕塑与脂肪移植外科学**
主　　编	刘　毅　郭树忠

出版发行	浙江科学技术出版社 杭州市体育场路 347 号　邮政编码：310006 联系电话：0571-85058048 集团网址：浙江出版联合集团　http://www.zjcb.com
图文制作	杭州兴邦电子印务有限公司
印　　刷	浙江新华数码印务有限公司
经　　销	全国各地新华书店

开　　本	890×1240　1/16	印　张	24
字　　数	630 000		
版　　次	2012 年 12 月第 1 版		2012 年 12 月第 1 次印刷
书　　号	ISBN 978-7-5341-4815-6	定　价	280.00 元

版权所有　翻印必究
（图书出现倒装、缺页等印装质量问题，本社负责调换）

责任编辑　刘　丹　王巧玲　　**封面设计**　孙　菁
责任校对　马　融　　**责任印务**　徐忠雷



左起：艾玉峰、高景恒、王炜、张志愿、吴溯帆

《整形美容外科学全书》总主编简介

王炜(Wang Wei)，1937 年生。上海交通大学医学院附属第九人民医院整形外科终身教授，*Plastic and Reconstructive Surgery* 国际编委。在皮瓣移植，血管吻合，拇指、食管再造，晚期面瘫，手畸形，腹壁整形，巨乳缩小，面部轮廓整形，年轻化，眼袋整形等方面有多项发明创新。发表论文 300 余篇，主编、参编图书 70 余部；获国家发明奖等 20 余次。

张志愿(Zhang Zhiyuan)，1951 年生。上海交通大学医学院附属第九人民医院教授、博士生导师，教育部国家级重点学科——口腔颌面外科学科带头人，中国抗癌协会头颈肿瘤专业委员会主任委员。以第一或通信作者发表学术论文 156 篇，主编专著 9 部；以第一负责人承担部委级课题 18 项，以第一完成人获国家科技进步二等奖 2 项。

高景恒(Gao Jingheng)，1935 年生。1985 年破格晋升正高职称，*Plastic and Reconstructive Surgery* 国际编委。主编专著 5 部，主审 10 余部，创刊杂志 2 本，现仍担任卫生部主管的《中国美容整形外科杂志》主编；在显微外科及修复重建外科临床研究中获得省部级科技进步奖 3项。

艾玉峰(Ai Yufeng)，1948 年生。原西安第四军医大学西京医院整形外科主任医师、教授、硕士生导师、主任。现任四川华美紫馨医学美容医院院长、学科带头人。发表论文 100 余篇，主编、参编专著 30 余部。

吴溯帆(Wu Sufan)，1964 年生。1985 年浙江大学本科毕业，2003 年日本京都大学博士毕业，一直工作于浙江省人民医院整形外科。发表学术论文 60 余篇，其中 SCI 收录的英文论文 11 篇，主编、参编图书 10 部。

《形体雕塑与脂肪移植外科学》主编简介



刘毅(Liu Yi)

医学博士，兰州军区兰州总医院全军烧伤整形外科中心主任、主任医师、硕士生导师，甘肃省与兰州军区领军人才，享受国务院政府特殊津贴。兼任国际整形美容与修复重建联盟委员、中国医师协会烧伤科医师分会副会长、中华医学会整形外科学分会委员、中华医学会医学美学与美容学分会委员、全军烧伤学专业委员会副主任委员、全军整形外科学专业委员会常委、甘肃省医学美学与美容学专业委员会主任委员、甘肃省烧伤整形外科专业委员会副主任委员，以及《中华烧伤杂志》等8本杂志编委、常务编委、副主编等。先后承担国家自然科学基金、全军“十五”攻关课题、“十一五”和“十二五”重点课题；获国家科技进步二等奖1项，军队与省部级医疗成果、科技进步二等奖7项、三等奖9项；主编专著3部，参编、参译6部；在国内外发表论文226篇；培养研究生21名。



郭树忠(Guo Shuzhong)

医学博士，第四军医大学西京医院全军整形外科研究所所长、主任医师、博士生导师，长江学者特聘教授。兼任全球华裔整形外科医师协会常务理事、国际整形外科协会委员、中华医学会整形外科学分会副主任委员、中国修复重建外科学会副主任委员、全军整形外科学专业委员会主任委员、陕西省整形烧伤学会名誉主任委员、陕西省医学美学美容学会主任委员，以及《中华整形外科杂志》等8本杂志主编、副主编、常务主委等。完成国内首例、国际第二例换脸术；先后承担国家自然科学基金重点项目等20余项科研课题；获国家科技进步一等奖1项、三等奖1项，军队与省部级医疗成果、科技进步一等奖2项、二等奖7项；主编专著2部，主译1部，参编10余部；发表论文520余篇，SCI收录35篇，1篇在*Lancet*上发表(IF 30.758)；培养硕士生39名，博士生19名。

《形体雕塑与脂肪移植外科学》编委会

主　编　刘　毅　兰州军区兰州总医院

　　　　郭树忠　第四军医大学西京医院

主　审　鲁开化　第四军医大学西京医院

　　　　陈绍宗　第四军医大学唐都医院

编　委　（按姓氏笔画排序）

　　　　王志军　南京王志军医疗美容诊所

　　　　刘　萍　兰州军区兰州总医院

　　　　刘　毅　兰州军区兰州总医院

　　　　孙宝珊　上海交通大学医学院附属第九人民医院

　　　　李学拥　第四军医大学唐都医院

　　　　李跃军　第四军医大学唐都医院

　　　　李望舟　第四军医大学唐都医院

　　　　肖　斌　兰州军区兰州总医院

　　　　宋　玫　兰州军区兰州总医院

　　　　张　斌　广州军区广州总医院

　　　　张鲜英　兰州军区兰州总医院

　　　　陈绍宗　第四军医大学唐都医院

　　　　易成刚　第四军医大学西京医院

　　　　姜　疆　兰州军区兰州总医院

　　　　姜笃银　山东大学第二医院

　　　　郭树忠　第四军医大学西京医院

　　　　鲁开化　第四军医大学西京医院

　　　　Melvin A. Shiffman　美国加利福尼亚州塔斯廷医院

总 序

《整形美容外科学全书》

一

现代中国整形外科，若以1896年发表在《中华医学杂志》(英文版)上的一篇整形外科论文算起，至今已有117年的历史。在半殖民地半封建社会的旧中国，整形外科的发展受到较大限制。1949年新中国成立以后，整形外科有了新的发展，尤其是改革开放后，整形外科获得了真正大发展的机遇。1977年，在上海召开的"医用硅橡胶在整形外科的应用交流会"期间，笔者统计了全国全职和兼职的整形外科医师为166人，床位732张，几乎是近600万人口中，才有1名专职的整形外科医师。2011年有人统计，全国有3000多个整形外科医院、专科、诊所，有2万多名专业医师。30多年来，整形美容医疗的就诊人数、从医人员迅速增加，中国或许是整形美容医疗发展最快的国家之一。

整形外科的快速发展带来的问题是学科发展的不均衡。在重点医学院校的整形美容外科专业队伍中，其临床实践能力和创新研究成果，与亚洲国家以至于欧美国家相比，都具有较强的竞争力，特别在显微再造外科方面，处于世界领先水平。但在新建立的许多专科、诊所中，具有较高学术水平的专业人员相对较少；受过系统和正规训练、受益于国内外学术交流并在实践中积累了丰富经验的高素质医师的数量，远远不能满足学科发展的需求。面对这样的实际情况，出版整形美容外科高水平的学术专著，是学科发展刻不容缓的任务。

1999年出版的两册《整形外科学》，已成为学界临床实践、研究、晋升、研究生考试的主要参考书。新加坡邱武才教授曾介绍："《整形外科学》是包括日本、印度、澳大利亚、新西兰在内的最好的教科书，是东方整形外科的旗舰……"他还在美国《整形再造外科杂志》上撰文推荐。近年来，随着整形美容外科不断发展，需要有更新、更专业、涵盖学科近代发展和创新性研究成果的学术专著问世。笔者2006年策划，2009年12月向全国同行发起编撰《整形美容外科学全书》(以下简称《全书》)的倡议，迅速得到了国内外百余位教授、学者的积极响应。2010年9月由成都华美美容医院协助承办了《全书》的编写会议，有百余位主编、教授、医师、出版社编辑和媒体工作者参加，会议成为编撰《全书》的动员大会，以及明确编撰要求、拟定编撰大纲的学术研讨会。如今，《全书》第一辑10分册即将出版，第二辑12分册拟在2014年出版。这项编撰整形外科学术专著的巨大工程终于开始结出了硕果。

2012年3月《全书》第一辑被列为"2012年度国家出版基金资助项目"，这是整形外科学历史上的第一次，让所有参编人员在完成巨著的"长征"中增添了力量。编撰者们希望她的出版，可为中国以及世界整形美容学界增添光彩，并为我国整形美容外科的发展提供一套现代的、科学的、全面的、实用的和经典的教科书式的学术专著。这对年青一代的迅速成长，以及中国整形美容外科全面向世界高水平的发展都会起到重要作用。正如我们在筹划编撰这套书时所讲"是为下一代备点粮草"。

二

《全书》的编撰者，有来自大陆各地的整形美容外科教授、主任医师、博士生导师、长江学者、国家首席科学家，还有来自中国台湾，以及美国、加拿大、韩国、日本、巴西等国家的学者、教授；既有老一辈专家，又有一批实践在一线且造诣深厚的中青年学者、学科带头人。笔者参加了大部分分册的编撰和编审过程，深深感受到编撰者们为《全书》所作出的奉献。综观《全书》的编撰过程，是一次学术界同行集中学

习、总结和提高的过程。在这一过程中,可以让中国的学者们站到本学科的前沿来审视整形美容外科的过去、现在,展望中国以及世界整形美容外科的未来。编撰者们深有体会:这是一次再学习的好机会,也是我国整形美容外科历史上一次有价值的集体编撰的尝试。

三

在当今世界整形美容外科学界的优秀学术专著中,美国 Mathes S. J.(2006)主编的《整形外科学》(8分册)被认为是内容最经典和最全面的教科书式的学术专著,但它在中国发行量极少,并且其中有不少章节叙述较简洁,或有些临床需要的内容没有阐明,因此,编撰出版我们自己的《全书》尤为迫切。

在《全书》22个分册中值得一提的是《眶颧整形外科学》和《面部轮廓整形美容外科学》分册,这是我国学者在整形外科中前瞻性研究和实践的成果。笔者 1994 年在上海召开的"全国第二届整形外科学术交流会"闭幕词中,号召开展"眶颧外科"和"面部轮廓外科"的研究和实践。在笔者 1995 年开始主持的"上海市重点学科建设"项目中,以及在全国同行的实践中,研究和推广了"颧弓和下颌角改形的面部轮廓美容整形","下颌骨延长和面部中 1/3 骨延长","眶腔扩大、缩小、移位和再造研究与实践",加上在眶部先天性和外伤后畸形修复再造中,应用再生医学成果和数字化技术,近 20 年来全国同行的数以万计的临床实践和总结,才有了《眶颧整形外科学》、《面部轮廓整形美容外科学》分册的面世。

《全书》中将《血管瘤和脉管畸形》列为分册。在世界整形外科学术专著中,对此多数叙述不详。其实,血管瘤、脉管畸形是常见疾病,不但损害患儿(者)的外形、功能,而且常常有致命性伤害。血管瘤和脉管畸形相关临床和基础研究,是近十多年来我国发展迅速的学科分支。对数十万计患儿(者)的治疗和研究积累,使得本分册的编撰者多次被邀请到美洲、欧洲和亚洲其他国家做主题演讲。世界著名的法国教授 Marchac 说:"今后我们有这样的病人,都转到你们中国去。"大量的实践和相关研究为本分册的高水平编撰打下了基础。

《肿瘤整形外科学》是一部填补空白的作品。它系统地介绍了肿瘤整形外科的基本概念、基本理论和临床实践,对肿瘤整形外科的命名、性质、范围、治疗原则和实践,以及组织工程技术在肿瘤整形外科的应用等做了详细论述。

《微创美容外科学》具体介绍了微创美容技术、软组织充填、细胞和干细胞抗衰老的应用和研究。

《全书》几乎涵盖了现今世界整形美容临床应用的各个方面,不仅有现代世界整形美容先进的基础知识和临床实践的论述,还有激光整形美容、再生医学、数字化技术、医用生物材料等医疗手段的应用指导,以及整形美容外科临床规范化、标准化研究和实践的最新成果。编撰者们力图为我国整形美容外科临床实践、研究、教育的发展建立航标。

从 1996 年《整形外科学》编撰起,到 2014 年《全书》全部出版,将历时 19 年,近百个单位、几百位学者参与。编撰者参阅了中外文献几十万或百万篇,从数十万到数百万计的临床案例和经验总结中提炼出千余万字。中国现代整形外科发展的经验告诉我们,学习和创新是发展的第一要素,创新来自学习、实践和对结论的肯定与否定,经过认识→实践→肯定→否定→新认识→再实践→总结,不断循环前进。"在学科前进的路途中,我们要清晰地认识自己,认识世界,要不断奋斗、不断创新,要有自己的话语权和发展轨迹,要善于向西方学习,但不能成为西方神话的传播者和维护者。"

《全书》各个分册将陆续出版。虽然几经审校,错误和不足难以避免,恳切希望得到读者的批评和指正,以便再版时修正。

王炜

2012 年 7 月于上海

前言 PREFACE

脂肪组织是人体的重要组成部分，它一方面具有缓冲外力、储存能量的作用，另一方面是人体重要的塑形物质。没有脂肪，人体各体表器官之间就不会产生平滑的过渡，形成美丽的曲线。因此，脂肪组织是体现人体形态美的重要成分。

肥胖是由于机体营养过剩，引起脂肪细胞过度增长造成的，它不仅危害人体健康，而且破坏形体美。而各种原因所造成的全身或局部皮下脂肪组织过度减少，则呈现全身性消瘦、失去形体固有的曲线，或出现局部凹陷畸形，均会破坏形体美。

形体美是爱美者追求的目标之一。形体美可以通过运动锻炼和良好的饮食、生活习惯达到，也可以借助美容外科手段来完成形体雕塑，包括脂肪抽吸术、脂肪移植术、形体成形术等。

脂肪抽吸术是形体雕塑技术的组成部分，其特点是封闭、钝性、非连续切割。它是以负压吸引为基础，结合超声波、高频电场、和谐共振、激光等手段，去除人体局部过度蓄积的皮下脂肪，以达到改善和美化形体的美容外科技术。它以求美者的身体为审美对象，经过审美评价，对其形体进行再塑造，以获得求美者所期待的形体美效果。近年来，与脂肪抽吸术相关的各种技术、器械层出不穷，其安全性、有效性稳步提高，抽吸部位已由腹部扩大到全身各个部位，并在巨乳缩小、皮瓣修薄、脂肪瘤治疗、腋臭去除等手术中获得广泛应用，成为最富有活力的整形美容手术之一。

脂肪移植术已有100多年的历史，这期间先后涌现出游离脂肪组织移植、真皮脂肪组织移植、带血管蒂的大网膜移植、带蒂筋膜脂肪组织移植、吻合血管的游离脂肪组织移植。伴随着脂肪抽吸术的问世，颗粒脂肪组织注射移植技术应运而生。无论哪种脂肪移植方式，其核心技术在于重建血供以确保脂肪组织移植的成活率，否则，由于脂肪组织对感染的抵抗力较弱，若血供建立不良，移植后吸收量将高达30%～70%，移植组织中心部位常常出现无菌性坏死、液化，形成囊肿，并最终被纤维结缔组织所代替。近年来，有关脂肪源性干细胞移植及组织工程脂肪构建与移植的实验和临床研究的文献报道逐渐增多。

形体成形术属于开放性形体雕塑技术，始于腹部成形，至今也有100多年历史。其手术切口设计不断得到改良，但大致可以分为三种术式：纵向切除、横向切除以及纵向联合横向切除。随着脂肪抽吸术的问世，形体成形术与脂肪抽吸术联合实施的术式应运而生，而且手术部位也几乎扩展到全身，收到良好的形体雕塑效果。

承蒙著名整形外科专家王炜教授的厚爱和信任，我们担任了由他领衔，与张志愿、高景恒、艾玉峰、吴溯帆教授共任总主编的巨著《整形美容外科学全书》分册之一——《形体雕塑与脂肪移植外科学》的主编工作，激动之余，由衷地感到责任和压力。在王炜教授的鼓励与指导下，本着"集百家之长，聚众人之力"的原则，我们在国内主要从事形体雕塑与脂肪移植工作的众多专家中，邀请到来自六个省市、七家医疗单位的十多位专家组成编写小组，历经十个月，完成了本分册编写工作。

根据《整形美容外科学全书》主编会议上五位总主编对编写工作提出的目标和要求，即充分反映国内整形外科各个领域的实际水平与最新成就，在本分册编写过程中，我们注重著作的科学性、先进性、实用性和可读性，同时，为体现"百花齐放、百家争鸣"的原则，我们在著作中也充分尊重作者个人经验

与学术观点，甚至是相悖的观点。在科学性方面，注重手术与治疗方法的科学规范、研究设计与方法的严谨可信；在先进性方面，注重手术方法、治疗方法、研究思路的创新、改进与发展；在实用性方面，注重以可重复性、可操作性为核心的临床实用价值，以及对相关科学研究的启发与促进作用；在可读性方面，注重语言流畅、图文并茂，以作者们自己的病例资料，辅以相应的文字说明，力求能使同行、读者们以平静、愉悦的心情轻松阅读，避免枯燥之味。衷心感谢本分册编写小组的各位同行、专家，对我们为了本分册各章节风格的统一，将他们所赐书稿进行肆意修改、删减、增补的理解、包容和支持。同时，为了确保本分册的质量，我们荣幸地邀请到第四军医大学两位一级教授、著名整形外科专家、德高望重的鲁开化教授和陈绍宗教授担任本分册的审阅专家，在此向两位前辈表示衷心感谢。

本分册共分为14章。第一章主要介绍了脂肪组织的解剖生理学；第二章系统介绍了体型的形成与分类、影响体型的因素以及形体美学；第三章介绍了形体雕塑的麻醉，尤其重点介绍了肿胀麻醉及其安全性评价；第四至第六章系统介绍了脂肪抽吸术及其并发症的防治；第七章介绍了形体塑造；第八至第十二章介绍了脂肪移植的临床应用与研究成果，重点介绍了颗粒脂肪移植的临床技巧、储存以及提高颗粒脂肪移植成活率的研究进展；第十三章介绍了组织工程脂肪的构建以及移植的实验研究；第十四章介绍了脂肪源性干细胞移植在整形美容外科应用的研究。

在本分册编写过程中，各位作者以自己所做的工作为主，结合文献资料，使所撰写的内容尽可能反映出所涉及领域在国内目前的发展状况。由于理论水平有限，加上所取得的临床经验的局限性，书中难免挂一漏万、出现错误，敬请广大同行予以批评指正。

书稿编写完成之时，随着邮件的传递，我们将责任和压力传递给了浙江科学技术出版社的编辑们，是他们的辛勤耕耘才有了本分册的顺利出版，在这里向他们真诚地道一声：谢谢！

书稿完成之际，恰逢为我国整形外科学科发展作出突出贡献的上海交通大学医学院附属第九人民医院整形外科建科50周年暨我国整形外科创始人之一张涤生院士95岁华诞，谨以此书献礼，以致敬意。

刘毅　郭树忠

2011年12月

目录 CONTENTS

1 第一章 脂肪组织解剖生理学

第一节 概述 1
第二节 皮下脂肪组织 8
第三节 脂肪细胞的来源与分化 12
第四节 脂肪细胞的内分泌功能 14

26 第二章 体型与形体雕塑外科技术

第一节 体型及分类 26
第二节 人体形体美学相关知识 30
第三节 形体雕塑外科技术 31

36 第三章 形体雕塑的麻醉

第一节 概述 36
第二节 局部麻醉 38
第三节 全身麻醉 41
第四节 肿胀麻醉 43
第五节 肿胀麻醉的安全性评价 57

61 第四章 脂肪抽吸术

第一节 概述 61
第二节 脂肪抽吸术的发展历史 62
第三节 脂肪抽吸术的方法 65
第四节 脂肪抽吸术在相关疾病治疗中的应用 74
第五节 脂肪抽吸术的注意事项 79

PDG

82 第五章 体表各部位脂肪抽吸术

第一节 面颊部脂肪抽吸术 82
第二节 乳房脂肪抽吸术 88
第三节 背部脂肪抽吸术 95
第四节 腹部脂肪抽吸术 101
第五节 髂腰部脂肪抽吸术 107
第六节 臀部脂肪抽吸术 112
第七节 上臂脂肪抽吸术 116
第八节 大腿脂肪抽吸术 121
第九节 小腿脂肪抽吸术 129

136 第六章 脂肪抽吸术的并发症及其防治

第一节 局部并发症 136
第二节 全身并发症 141
第三节 脂肪抽吸术安全指南 142

148 第七章 形体塑造

第一节 肥胖症分类的历史 148
第二节 形体雕塑历史回顾 150
第三节 腹部形体塑造 158
第四节 上臂形体塑造 183
第五节 臀部形体塑造 191

201 第八章 脂肪移植

第一节 概述 201
第二节 脂肪移植的类型 203
第三节 脂肪移植后的转归 215

218 第九章 颗粒脂肪移植

第一节 术前准备 219
第二节 颗粒脂肪的取材与处理 224
第三节 颗粒脂肪注射移植 227
第四节 颗粒脂肪注射术后的处理 245
第五节 影响颗粒脂肪注射移植存活率的因素 245

第六节 颗粒脂肪移植后的并发症及其处理 254

258 第十章 体表各部位颗粒脂肪移植

第一节 面部颗粒脂肪移植的大局观念 258
第二节 自体颗粒脂肪的采集和制备 261
第三节 各部位颗粒脂肪移植的方法 262
第四节 颗粒脂肪注射移植的常见并发症 280

284 第十一章 提高颗粒脂肪移植成活率的研究

第一节 概述 284
第二节 细胞因子与颗粒脂肪移植 285
第三节 基因治疗与颗粒脂肪移植 292
第四节 细胞治疗与颗粒脂肪移植 296
第五节 提高颗粒脂肪移植成活率的其他研究进展 300

303 第十二章 颗粒脂肪组织的低温保存

第一节 概述 303
第二节 低温保护剂以及颗粒脂肪组织的冻存方法 307
第三节 低温保护剂的筛选和颗粒脂肪组织冻存后的活力测定及移植研究 310
第四节 颗粒脂肪组织低温保存的研究进展 313

319 第十三章 脂肪组织工程

第一节 概述 319
第二节 种子细胞与脂肪组织工程 320
第三节 细胞支架材料与脂肪组织工程 330
第四节 生长因子与脂肪组织工程 337
第五节 组织工程脂肪的构建与移植 339
第六节 基因治疗与脂肪组织工程 344

351 第十四章 脂肪源性干细胞移植与整形美容

第一节 人脂肪源性干细胞的分离、培养及鉴定 351
第二节 脂肪源性干细胞移植的实验研究 354
第三节 脂肪源性干细胞移植的临床应用及实践 360

第一章
脂肪组织解剖生理学

第一节　概　述

在20世纪之前，脂肪组织被医学界忽视，仅有极少数的研究报道。1857年Virchow R.在其关于脂肪恶性肿瘤的文章中，首次提及脂肪细胞的功能（储存脂肪）。19世纪70年代，Toldt C.提出脂肪组织可能有其独自的起源，其功能不仅仅是储存脂肪。之后，Hoggan夫妇首次报道了有关脂肪细胞结构的研究。

1926年，Wasserman F.和Wertheimer H. E.对脂肪细胞的胚胎发育、成熟过程及其调控进行了研究，这标志着人类对脂肪组织研究的正式开始。1950年，Renold A. E.等人发现注射胰岛素部位的脂肪细胞肥大。此后，众多学者对脂肪组织进行了全面深入的研究。1968年，Hirsch J.和Gallian E.推论成熟期前的肥胖涉及脂肪细胞的肥大和增生，而成熟期后的肥胖由脂肪细胞的肥大所导致。1974年，Green H.和Kehinde O.建立了3T3细胞系，随后提出成年人的脂肪细胞不能增殖，脂肪细胞由前脂肪细胞转化而来。Bjorntorp P.等在20世纪70年代末提出给予高脂饮食后，人或小鼠的脂肪细胞增大并伴有新的脂肪细胞增加，这些新的细胞可能部分来自脂肪前体细胞，部分源自其他前体细胞，肥胖个体前体细胞的分化快于正常体重者。近年来，瘦素、抵抗素等相继被发现，脂肪组织被认为是具有高度活性的内分泌组织，在能量代谢调节中起重要作用。

一、脂肪组织的起源与演变

脂肪组织是一种以脂肪细胞为主要成分的结缔组织。脂肪组织的形成始于胚胎期第34周，起源于中胚层的多潜能干细胞（也能分化为骨、肌肉、软骨及其他中胚层组织的前体细胞），其单潜能（定向）干细胞为成脂肪细胞。此后至出生后9个月脂肪细胞持续增长，从第9个月开始增长速率为零，皮下脂肪减少（负增长），直至6～8岁又开始增长，此时男女皮下脂肪分布相似。但青春期时男孩肢体脂肪减少，女孩肢体脂肪则缓慢增长而不减少。20多岁时，男孩躯体脂肪停止增长，而女孩躯体脂肪稳定增长，并蓄积于性别相关部位，如乳房、上臂、下腹部及大腿等处（图1-1）。老年后随着皮下脂肪组织的萎缩，男女的形体再次接近。

二、脂肪组织的构成

正常成年人脂肪组织由脂肪细胞及其周围基质成分（胶原纤维、血管、成纤维细胞和免疫细胞等）构成。脂肪组织中50%的细胞成分为脂肪细胞，体积约占96%；其余为血管、神经及其他结缔组织，体积约占4%。

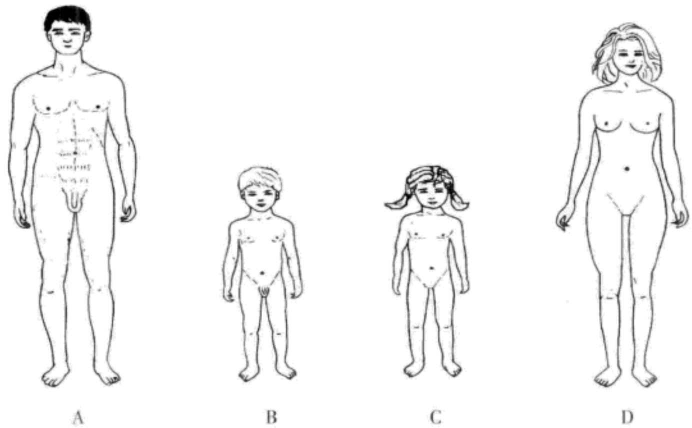


图 1-1　儿童及成年形体
A. 成年男性　B. 男性儿童　C. 女性儿童　D. 成年女性

脂肪细胞是脂肪组织的结构单位，主要功能为储存与动员脂类。人体脂肪细胞约有 2.5×10^{10} 个，肥胖者可达 9.05×10^{10} 个。其大小随所含脂类的多少而定，直径一般在 20～120μm 之间，最大可达 200μm，体积可相差数百倍。中国人女性脂肪细胞直径平均为 91.8±20.9μm，女性人体皮下脂肪细胞自上而下逐渐增大，面部（颊部）脂肪细胞直径为 67.8±10.5μm，上腹部为 76.3±15.1μm，下腹部为 97.2±14.0μm，臀部为 105.9±16.2μm，与女性皮下脂肪组织的分布规律有相关性。

在光镜下，白色脂肪细胞呈圆形、椭圆形或多边形，细胞内含有一大脂肪滴，将非脂类胞质和胞核挤向边缘（图 1-2）。脂肪细胞周围基质成分由胶原纤维、弹力纤维、基质细胞（巨噬细胞、肥大细胞、成纤维细胞等）及神经、血管结构组成。

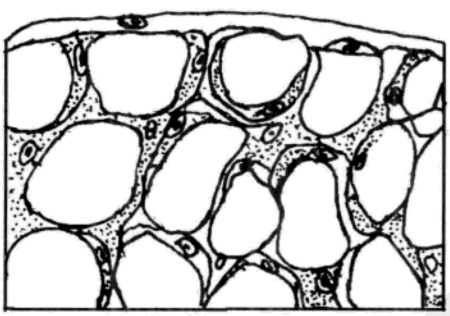


图 1-2　脂肪细胞形态

多个脂肪细胞被纤维组织隔包裹为脂肪小叶，纤维隔起支持和间隔脂肪小叶的作用。在某些部位，脂肪组织被皮下筋膜包裹分隔为深浅两层。脂肪组织的基质微管成分（stromal vascular fraction，SVF）可被胶原酶降解，从而分离纯化出脂肪细胞。

传统观念认为脂肪组织是血供匮乏的组织，但近期越来越多的学者认为脂肪组织含有丰富的血供，每个脂肪细胞至少有一条毛细血管相连，最终汇集于脂肪小叶间隔内小动脉。常态下，每 100g 脂肪组织，血流量为 2～14ml/min，与同等体积的横纹肌相比，其血供更为丰富；血管舒张时血流量可达 20～50ml/(min·100g)，注射肿胀液时降至 1ml/(min·100g)。但与其他血供丰富的组织

不同，脂肪组织很少有知名的供应血管，而是由邻近器官组织的较大血管发出众多细小的血管进入脂肪组织，因此吻合血管的脂肪组织游离移植应与真皮或深筋膜一同复合移植。脂肪组织的这种血液供应方式与其功能有关。脂肪组织的主要功能为储存和供应能量，吸收或释放脂质均需通过血液循环，密集细小的血管网可以有效地转移脂质(图1-3)。脂肪组织的这种血液供应方式决定了脂肪移植时必须确保移植组织具有良好的血供，才能保证其存活率。除了以吻合血管的方式进行游离脂肪组织移植，能够确保所移植的脂肪组织具有良好血供外，无论采用游离脂肪组织移植、颗粒脂肪移植、真皮脂肪组织移植等任何一种移植方式，都将严重影响到所移植组织的血液供应，导致移植组织液化、坏死、吸收或者纤维化。所以，无论采用哪种方式的脂肪移植，关键是确保移植组织在受区的血供重建，以利于移植组织存活，从而确保手术成功。

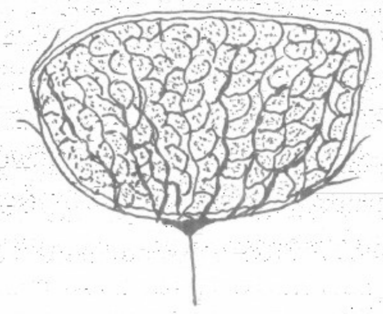


图1-3 脂肪小叶的血液供应

三、脂肪组织的分类与特点

脂肪组织(adipose tissue)是一种特殊的结缔组织，大量脂肪细胞聚集在疏松结缔组织中形成脂肪组织。脂肪细胞多沿小血管呈单个或成群分布，疏松结缔组织将成群的脂肪细胞分隔成许多小叶。

脂肪细胞呈圆形或卵圆形，胞质内含有大脂肪滴，其细胞核呈扁卵圆形，被脂滴挤向细胞的一侧。脂肪细胞能合成和储存甘油三酯，脂肪氧化分解时可释放大量热能。根据脂肪细胞的结构和功能不同，可将脂肪组织分为白色(黄色)脂肪组织与棕色脂肪组织。

(一) 白色(黄色)脂肪组织

1 组成 白色(黄色)脂肪组织又称单泡脂肪组织(unilocular adipose tissue)，脂类占60%~80%，其中90%~99%为甘油三酯，水占5%~30%，蛋白质占2%~3%；脂类酰基来源以豆蔻酸(十四烷酸)、棕榈酸(十六烷酸，又称软脂酸)、硬脂酸(十八烷酸)、棕榈油酸(9-十六碳烯酸)、油酸(顺式-9-十八碳烯酸)、亚油酸(顺式-9,12-十八碳烯二酸)为主，含不饱和脂肪酸较多，熔点低而流动度大，体温下降时仍呈液态，有利于代谢活动，腹壁、股部、髂嵴下脂肪熔点为22~29℃。

2 组织学特征 白色(黄色)脂肪组织的脂肪细胞很大，直径可达120μm。典型的脂肪细胞为圆形或椭圆形，密集时则呈多角形。胞质内含有一个大的脂肪滴，占据细胞的大部分容积，将非脂类胞质和扁卵圆形的核挤向细胞一侧，使胞质被挤缩成薄层环形，仅占细胞整个容积的1/40。此种脂肪细胞称为单泡性脂肪细胞，以区别于含有多个小脂肪滴的，被称为多泡性脂肪细胞的棕色脂肪细胞。制备组织学切片时，脂肪滴被脂溶剂溶解，因此只留下细胞膜与薄层胞质，使脂肪细胞呈空泡状。银染色可见每一个脂肪细胞都有网状纤维包绕，细胞之间的角形间隙中可见毛细血管横

断面，这些毛细血管形成遍布脂肪组织的疏松毛细血管丛。若保存较好，切片中的脂肪组织呈带有大而多角形网眼的纤细网状结构（图 1-4）。

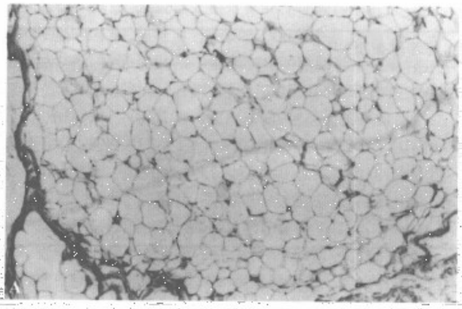


图 1-4 白色（黄色）脂肪组织

脂肪组织常被肉眼可见的结缔组织间隔分隔成若干小叶，在由脂肪承受压力且具有衬垫或缓冲震动作用的部位尤为明显。其他部位的结缔组织间隔较薄，脂肪组织的小叶结构不甚明显。

脂肪组织分布于皮下和内脏周围，构成脂肪组织的主体——脂肪器官（adipose organ），而脂肪小叶（fat lobule）是构成脂肪组织的基本结构和功能单位。每个小叶具有独立的毛细血管网络，血管的内径小于 5μm。小动脉和引流静脉及神经与小叶之间的间隔内，脂肪细胞和毛细血管之间联系紧密，其间只有肌膜和少量胶原纤维提供支持，来自血浆的乳糜微粒和极低密度脂蛋白，经毛细血管内皮的脂蛋白脂酶（lipoprotein lipase，LPL）分解为脂肪酸和甘油后，转运至脂肪细胞内。多个脂肪小叶依次组成脂肪小珠、脂肪块、脂肪室。

电镜观察时可见，细胞核周围的胞质含有一个小的高尔基复合体、少量的细丝状线粒体、极少量较短的内质网轮廓以及中等数量的游离核糖体。脂滴周围的薄层细胞质虽较稀薄，却仍含有少量的线粒体、纤细的微丝和小泡状滑面内质网，也可见新形成的、尚未与主要脂滴融合的小脂滴。脂滴没有膜包被，而常由相互垂直排列的 40～50Å 的微丝与其周围的非脂胞质相分开，非脂胞质内也见其他散乱排列的单个或小束状微丝。细胞膜上有许多被认为是胞饮作用超微形式证据的微小袋状内陷。每个脂肪细胞均包有一层相当于上皮边界层或基板的糖蛋白。

当长期断食或有慢性疾病而消瘦时，脂肪组织储备的脂类将大量减少，而变成含有丰富血管的结缔组织，内含具有多个小脂滴的卵圆形或多角形脂肪细胞的聚集体。

3 分布 白色（黄色）脂肪组织广泛分布于皮下，骨骼肌间、腹腔、盆腔和骨髓腔也有分布。在眼睑、耳部、胫骨前、踝部、阴囊、阴茎处无或仅有很少的皮下脂肪组织，其他各处均有厚度不一的皮下脂肪组织，这些皮下脂肪组织是脂肪抽吸的相关部位。白色（黄色）脂肪组织具有储存脂肪和保持体温的作用，但其数量则受年龄与性别影响而有部位性差别。男性皮下脂肪组织约占其脂肪组织总量的 80%，女性约占 90%。内脏脂肪比例平均则为 18%，女性少于男性。婴儿和幼儿有连续性皮下脂肪层，厚度均匀，遍布全身。成年人的脂肪层在有些部位较薄，而在某些特定部位不仅长期保留，而且长得很厚。这些部位男女有别，且为男女体型特点不同的主要原因。男性的主要部位为颈后和覆盖第七颈椎的部位、覆盖三角肌和肱三头肌的皮下部、腰骶部及臀部。女性皮下脂肪最丰富的部位是乳房、臀部、大转子外侧部及股前等部位。除了这些表浅的脂肪沉积部位外，男性和女性的大网膜、肠系膜、腹膜后部和黄骨髓等处也有广泛的脂肪组织蓄积。

脂肪氧化分解时能产生大量热能，所以脂肪组织是人体内最大的"能量库"。

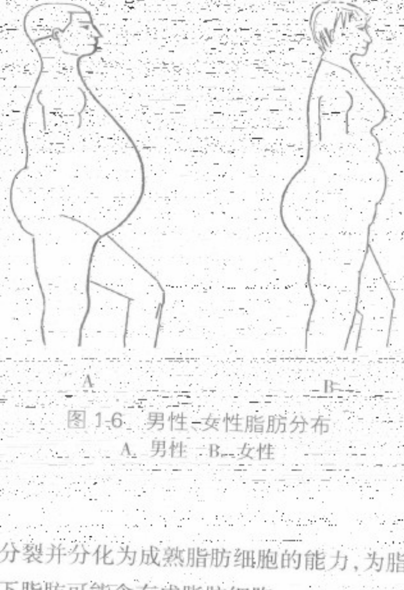
断食时，所有上述部位都将动用储备的脂肪组织以供能。但是，其他一些部位的脂肪组织则一般不参与供能。例如，位于眼眶内、大关节内以及手掌、足底部的脂肪组织。这些部位的脂肪组织具有机械性支持与保护功能，只有在长期饥饿的情况下才会变小。

4 功能 皮下脂肪的主要功能为储能并向其他组织提供能量。它也有产热、隔离、保护、支持、缓冲、参与代谢和调节免疫功能及促进脂溶性维生素的吸收等功能。此外，脂肪对人体的健美起重要作用，其所含有的亚油酸、亚麻酸等不饱和脂肪酸对皮肤、毛发有营养滋补作用；适量的皮下脂肪可增加皮肤滑嫩的质感，并增加皮肤活动度。近年的研究证实，一定厚度的皮下脂肪组织对女性生殖器官的发育有调节作用，脂肪组织的含量可影响月经初潮的时间及体内性激素水平。

皮下脂肪还是第二性征的一个标志，是形成女性曲线美的主要原因。正常情况下，皮下脂肪的分布具有明显的性别特征，成年女性胸部、下腹部、腰臀部、大腿前部皮下脂肪组织发达，其形体比例与儿童相似，呈幼稚形态，构成女性脂肪分布。该种分布加上女性腰身的收拢，使之在骶骨部和臀部显示出一个特有的第二性征：在两侧形成一个向里的腰眼，即米凯利斯腰菱形区的限点（图1-5）。男性颈部、三角肌区、肱三头肌区、上腹部、腰骶区皮下脂肪组织较为发达，称为男性脂肪分布（图1-6）。



图1-5 米凯利斯腰菱形区



A　　B

图1-6 男性、女性脂肪分布

A. 男性 B. 女性

5 主要细胞成分

（1）成脂肪细胞：成脂肪细胞（lipoblast）具有分裂并分化为成熟脂肪细胞的能力，为脂肪细胞的干细胞，常存在于人体胚胎期和发育期，成人皮下脂肪可能含有成脂肪细胞。

（2）前脂肪细胞：前脂肪细胞（preadipocyte）又称脂肪细胞前体（preadipocyte precursor），即不成熟脂肪细胞。细胞较小，形态与成纤维细胞相似，光镜下无法区分，具有分化发展为成熟脂肪细胞的能力，胞浆内含有直径7.5～10nm的微丝。也有学者将出现脂滴后的不成熟脂肪细胞称为前脂肪细胞，而将未出现脂滴的细胞称为脂肪细胞前体。

（3）脂肪细胞：脂肪细胞（adipocyte）即发育成熟的脂肪细胞，是人体最大的结缔组织细胞，呈球形，其变形能力大于其他细胞，自身体积可扩展10～1000倍；不能分裂增殖。每个细胞至少连接一根毛细血管，神经为无髓鞘神经（交感神经节后纤维），释放去甲肾上腺素，作用于α受体收缩血管；作用于β受体则使脂类水解。成熟的脂肪细胞在缺血和营养不足的情况下，可释放出胞内脂质成分，逆分化为前脂肪细胞。

（4）其他细胞：其他细胞包括内皮细胞（endotheliocyte）、外皮细胞或外膜细胞（pericyte）、成纤维细胞（fibroblast）、肥大细胞（mastocyte）等。美国学者 Znk P. A. 和 Zhu M. 等在患者臀部和大腿抽取的脂肪中，发现了大量类似于干细胞的细胞，这些细胞可以发育成健康的软骨、肌肉等组织，从而可能使脂肪细胞成为干细胞的来源，而不必从胚胎组织或骨髓中提取。

6 代谢调节　白色（黄色）脂肪组织的代谢调节机制如下（表 1-1）。

表 1-1　人体脂肪细胞的调控

	儿茶酚胺	胰岛素	
		α	β
脂肪分解	−	−	+
酯化作用	±	?	+
脂蛋白脂酶	+	[illegible]	−

（1）脂肪细胞酶：脂肪细胞酶作用于细胞内脂肪。环磷酸腺苷（cAMP）升高则激活蛋白激酶，从而激活脂肪细胞酶，分解细胞内脂肪。

（2）胰岛素：胰岛素是唯一促进脂类合成并抑制其分解的激素。其作用机制：①加速细胞对葡萄糖的摄取；②促进葡萄糖转化为甘油三酯；③加强脂蛋白脂酶的活性；④加速乳糜微粒和脂蛋白的水解，产生脂肪酸。

（3）儿茶酚胺：儿茶酚胺作用于 β 受体，激活腺苷酸环化酶（AC），使 cAMP 升高，从而分解细胞内脂肪，此为儿茶酚胺主要作用；其次作用于 α_2 受体，抑制 AC，使 cAMP 降低。

（4）脂蛋白脂酶：脂蛋白脂酶由脂肪细胞合成，释放于血液中，可促进脂类的吸收和甘油酯的合成。

（5）性激素：性激素对脂肪细胞的影响不仅有部位的差异，也有周期的不同。

（6）其他：持久的锻炼可加强脂肪细胞的脂解作用。局部介质以及营养状况可影响脂肪细胞的生长。

7 肥胖者脂肪组织的代谢调节　人体的脂肪分解、酯化作用、脂蛋白脂酶都有其基础代谢率。肥胖者的基础代谢率明显提高，对胰岛素有抵抗性。不同部位的脂肪细胞代谢也有一定差异（表 1-2）。

表 1-2　女性肥胖者不同部位脂肪细胞的代谢差异

脂肪组织及代谢	部位差异
脂肪细胞直径	F>A
脂肪分解率	F<A
脂蛋白脂酶基础活性	F>A
胰岛素活性	F>A
儿茶酚胺活性	F<A

注：F 为大腿脂肪细胞，A 为腹部脂肪细胞。

（二）棕色脂肪组织

1 组织学特征　棕色脂肪组织又称多泡脂肪组织（multilocular adipose tissue），它的脂肪细胞

较小，横断面呈多角形，直径可达 60μm。细胞核呈圆形，位于细胞中央，很少移至细胞周边部位。细胞浆比较丰富，内含数量较多的大的圆形线粒体和许多大小不等的脂滴，这是棕色脂肪细胞的两个突出的特点，此种细胞被称为多泡性脂肪细胞(图 1-7)。

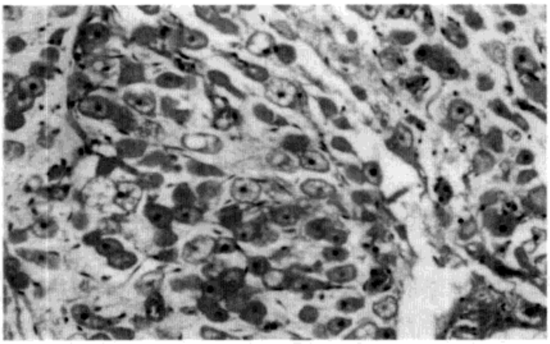


图 1-7　棕色脂肪组织

电镜观察时可见，线粒体占据细胞质的大部分，且有许多横贯该细胞器整个宽度的嵴。内质网欠发达，仅见少量较短的滑面内质网轮廓。脂滴似不在内质网中产生，而是游离在细胞质的基质中。细胞质基质中也含有散在的核糖体和数量不等的糖原微粒。

棕色脂肪组织的结缔组织基质很少，而血液供应异常丰富。因此，细胞之间以及细胞与毛细血管之间的联系较白色(黄色)脂肪组织更为紧密。银染色与电镜观察证明，棕色脂肪细胞之间有许多细小的无髓神经纤维，脂肪细胞表面常见贴附的裸露轴突。

棕色脂肪组织的组织学结构呈明显的分叶状，叶内和小叶内的血管分布形式极似腺体。断食时，棕色脂肪组织的颜色会逐渐加深，且转变为与结缔组织毫不相同的坚实的类上皮细胞性腺样团块。棕色脂肪组织具有快速氧化脂肪，产生大量热能的作用。处于寒冷环境中，棕色脂肪组织的脂类消耗较快，这有利于抗寒。棕色脂肪组织的颜色主要取决于：①细胞间丰富的毛细血管；②细胞中所含线粒体的数量；③细胞色素含量的多寡。组织中细胞色素氧化酶测定结果显示，棕色脂肪组织的相对氧化能力高于心肌组织。

2 分布　棕色脂肪组织发生于胚胎时期的某些特殊部位。人胚胎 28 周，棕色脂肪组织开始发育，及至新生儿含量较多，占体重的 2%～5%，主要分布于肩胛间区、腋窝、颈后三角、项背、甲状腺附近、颈动脉鞘及肾门附近、自主神经节及嗜铬组织周围(图 1-8)。出生 1 年后开始减少，但男孩

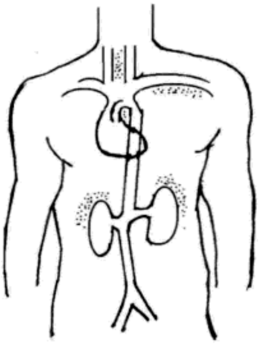


图 1-8　棕色脂肪组织的分布(虚点区域)

比女孩消退得慢，有的男孩到青春期还可在黄色脂肪组织中发现棕色脂肪小岛，成年人含量很少。对于患有慢性消耗性疾病或长期饥饿的年老者，棕色脂肪组织又可在新生儿时分布过的区域重新出现。由于棕色脂肪组织在维持低温环境的体温调节和食物诱导性热产生等方面起决定作用，所以新生儿出生后，特别在生后 1 个月内，有助于新生儿抗寒。

四、脂质代谢

（一）脂质的合成

脂肪细胞中蓄积能量的主要脂质为甘油三酯，长链脂肪酸酯化后即可形成甘油三酯。脂肪酸源自血浆清蛋白或循环中脂蛋白所包含的甘油三酯的裂解产物。其产物进入细胞内，脂肪酸被酯化，与磷酸甘油合成甘油三酯，甘油三酯形成微小的脂滴，并逐渐与中心的大脂滴融合，使脂肪细胞增大。

脂肪组织的甘油三酯是过剩能量的长期储存形式，从总体长期效果上看，脂肪细胞中的甘油三酯储存量能准确反映能量摄入和消耗之间的失衡，也反映了脂肪沉积和动员之间的净平衡。研究表明脂肪细胞的脂肪储存和动员途径按照全身能量平衡状态受到调节。

（二）脂质的分解

1 激素敏感脂肪酶是经典的脂肪分解反应限速酶　脂肪细胞内甘油三酯通过三步反应逐步水解为甘油和游离脂肪酸，释放入血液供其他组织利用，此过程称为脂肪分解或脂肪动员。通常认为脂肪分解反应主要由两种脂肪酶催化：激素敏感脂肪酶和甘油一酯水解酶，前者主要水解甘油三酯和甘油二酯，后者水解甘油一酯(图 1-9)。

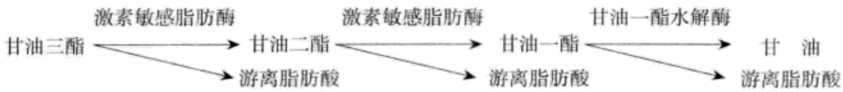


图 1-9　甘油三酯的水解

2 儿茶酚胺和胰岛素调控脂肪分解　儿茶酚胺类激素是体内最重要的脂肪分解刺激激素，胰岛素则是最重要的抗脂肪分解激素。

第二节　皮下脂肪组织

一、皮下脂肪组织的类型

解剖学研究表明，皮下脂肪组织分为浅层脂肪与深层脂肪两层。显微解剖显示，浅层脂肪与深层脂肪由浅筋膜分隔。

（一）浅层脂肪组织

浅层脂肪组织来源于外胚层，有较高活性，存在于全身各个部位，其厚度随部位而异。浅层脂肪组织紧靠皮肤，随皮肤一同移动，由直立的弓状皮肤支持带分隔成小房，弓状隔上下两端分别与真皮和浅筋膜牢固结合。弓状隔富有弹性，具有记忆功能，脂肪细胞肥大时随之扩大，由于两端结

合牢固，仅能向小房两侧扩张，脂肪细胞缩小时则恢复原状。女性浅层脂肪的弓状隔发达，呈垂直状，而男性的纤维隔薄弱，呈扁平交叉状。浅层脂肪组织属于代谢性脂肪，容易合成、储存和分解，因此其随体重变化而改变。

（二）深层脂肪组织

深层脂肪组织来源于中胚层，位于浅筋膜与深筋膜之间，仅存在于身体的部分区域。深层脂肪组织被纤维隔水平分隔，其与深层的肌肉、筋膜联系密切，而与皮肤联系松散。深层脂肪组织属于静止性脂肪组织，容易合成，但不易分解，其主要功能为储存能量，只有在长期饥饿与消耗的情况下才提供能量。它与遗传相关，受性别、形态、种族等影响较大。

二、皮下脂肪组织的解剖

皮下脂肪组织位于真皮与深筋膜、肌肉、骨骼等深部结构之间，由脂肪小叶组成，含有毛囊与汗腺，分为浅层脂肪、浅筋膜系统、深层脂肪等。

（一）浅层脂肪

浅层脂肪也称为晕层脂肪，其弓状隔的分布如前所述，固定的竖立性小房在皮肤收缩中起重要作用。浅层脂肪的厚度因人而异，正常情况下厚度一般为 1cm，肥胖者甚至可以达到数厘米；其厚度也因部位而异，一般在腹部、腰部、臀部、大腿部等较厚，而在膝部、胫前部较薄。浅层脂肪中富含血管、淋巴管、神经、毛囊和汗腺，Klein 又将其分为顶层和套层。前者位于真皮与脂肪交接处，脂肪柱深入真皮内面，表面凹凸不平；后者为位于顶层深面垂直排列的脂肪柱。

（二）浅筋膜系统

Markman 和 Barton 通过解剖学与 CT 研究证实：浅筋膜系统广泛存在于躯干和下肢的皮下，并将皮下脂肪分隔为两层，但在股骨远端和小腿部位却不甚明显。Markman 认为，人类的浅筋膜系统源于哺乳动物的肉膜，除颈阔肌外，一般已消失或转变为不同形态的纤维筋膜组织，如掌腱膜、跖筋膜、表浅肌肉筋膜系统（SMAS）、Scarpa 筋膜、Camper 筋膜、Dartos 筋膜等。Illouz 和 Devilers 发现，在身体不同部位浅筋膜系统界限不尽相同，浅筋膜系单层结缔组织，其中皮肤的固定点、固定线可能也是浅筋膜系统的功能表现之一。在下腹部、颈部、大腿等浅筋膜明显的部位可以看到，浅筋膜将浅层小叶状脂肪与深层扁平状脂肪分隔，无深层脂肪的部位浅筋膜与肌膜融为一体。在上腹部、臀部、小腿等部位，浅筋膜系统不明显。

浅筋膜系统的主要作用是为皮肤和皮下脂肪组织提供支持。在乳房、臀部等部位，浅筋膜系统对维持形态发挥重要作用。

（三）深层脂肪

深层脂肪也称为板层脂肪，仅存在于某些特定部位，其厚度因人而异，中央厚，外周逐渐变薄，在其最外端浅筋膜与深筋膜联为一体。局部脂肪蓄积一般发生于该层，且具有性别差异。女性局部脂肪蓄积多位于下腹部、腰部、臀部、大转子等骨盆部位，在男性则以上腹部多见。

皮下脂肪组织除上述结构外，在指（趾）腹部、足跟部等处被坚韧的胶原纤维组织分隔成小房状，主要起支持保护作用，并不参与新陈代谢，这种特殊部位的皮下脂肪组织被称为结构性脂肪组织。眶隔脂肪也属于结构性脂肪组织。

皮下脂肪组织血管丰富，相互吻合形成多层血管丛，包括筋膜血管丛、脂肪血管丛、真皮下血管丛等，各层血管丛之间有垂直血管吻合。

三、各部位皮下脂肪组织的解剖学特点

（一）面部

面部皮肤类型和脂肪分布受多种因素影响，如重力、皮肤张力线及骨性结构等，并存在种族差异。东方人、拉丁人和黑人面部皮肤较厚，前两者面部脂肪较多，所以皮肤老化慢；英国的凯尔特人则相反。此外，饮食习惯、个人营养状况、年龄、遗传、社会因素、日光照射对皮肤也有较大影响。真皮决定皮肤的厚度、弹性和紧张度；真皮胶原纤维使皮肤能够伸展收缩，皮肤厚者其收缩性强。面部浅筋膜分层不明显，脂肪成分少，以膜性成分为主，中线区域如口周、鼻背及睑区脂肪成分很少或无脂肪，纤维组织较多，连接皮肤及深部组织；其他区域脂肪成分稍多，SMAS将其分为两层，其纤维隔穿过浅层脂肪与皮肤连接，而深层脂肪无纤维隔。正常年轻男性或女性在静息状态下无皱褶或皱纹，颊部及颈部无松弛下垂，鼻唇沟也不明显；随年龄增长浅层脂肪逐渐消退，显露深层组织，并产生皱纹。眶脂体、颊脂体等深部脂肪主要起填充作用，其中颊部脂肪垫对面部形态影响最大。

（二）颈部

颈部皮下脂肪被颈阔肌分隔为颈阔肌内、外脂肪垫。伸舌并紧张颈阔肌可辨别颈阔肌外脂肪垫的厚度。解剖学研究显示，东方人颈阔肌分为四种类型：A型，两侧颈阔肌相互交叉；B型，右侧颈阔肌覆盖左侧；C型，左侧颈阔肌覆盖右侧；D型，两侧颈阔肌无交叉。其中肌肉交叉（下颌骨下缘至肌肉交叉下缘的距离）超过20mm者占43%，多于西方人的比例（15%）。

颈阔肌外脂肪垫分为颏下中线区、侧区和旁中区：①颏下中线区：中线处最厚，两侧逐渐变薄，在纵轴上从颏部向舌骨逐渐变厚，其形态对颈部轮廓影响最大。②侧区：即下颌下缘至耳后，该区脂肪较薄。③旁中区：位于上述两区之间，脂肪略厚，其下方为舌骨。

（三）上肢

浅层脂肪较厚，且呈环状肥大。上臂内侧最薄，后部有较薄的深层脂肪。东方人易出现和服样畸形，即上臂后外侧脂肪增多、皮肤松垂，邻近的背部、侧胸部皮下脂肪增厚，状似和服或蝙翼。三角肌区有较厚的深层脂肪。

（四）胸部

胸部无局部脂肪蓄积，但浅层脂肪肥大可导致多个沿肋骨走向的带状凸起，最上方的脂肪带延伸至腋部。侧胸壁的浅层脂肪组织增厚可影响腋窝、乳房的形态。女性乳房所含脂肪组织对雌激素敏感。此外，乳腺组织可能对脂肪组织有诱导作用，青春期后在上述因素作用下，乳房开始发育，形成其特有的半球形。女性乳房皮下脂肪细胞肥大增生会使乳房下垂，乳房下皱襞轮廓不清。肥大者以脂肪组织为主（>50%），同时伴有腺体组织的增生及皮下脂肪组织的肥大。据Lejour对乳房缩小术所切除的组织分析，脂肪组织变化较大，占整个切除组织的2%～78%（平均为48%），随着年龄的增长，脂肪组织增多，乳腺组织减少，绝经期后脂肪明显增多；乳房内象限脂肪组织较多，乳房内的脂肪与体质指数成正比。男子女性型乳房脂肪组织较少，以增生的腺体为主。

（五）背部及项部

背部皮肤厚而坚韧，皮下纤维隔发达，将脂肪组织紧密包裹。其轮廓有许多凹陷及凸起，这些凹陷和凸起是由骨性结构、纵横交错的皮肤支持韧带以及封闭的蜂窝状脂肪小房所造成。背部浅筋膜系统的功能是将皮肤支持、固定于深层组织。随着年龄的增加及日光的损害，浅层脂肪筋膜系统单位变得松弛，导致软组织的下垂、假性脂肪堆积以及奶酪样畸形。其与肌肉、皮下脂肪的关系导致了背部形成凹陷、凸起。背部及项部脂肪蓄积的常见区域为项部、肩胛区、肩胛下区、侧胸区、腰区、侧腰区。

（六）腹部

根据 Klein 的分层，腹部皮下脂肪组织在上腹部分为顶层、套层和 Camper 筋膜三层，而下腹部分为顶层、套层、Camper 筋膜及 Scarpa 筋膜下脂肪组织。Scarpa 筋膜下脂肪组织在消瘦者不明显，但在肥胖者极为显著。一般认为上腹部仅有浅层脂肪，下腹部则分为浅层脂肪和深层脂肪。磁共振可在下腹部的深层脂肪内发现一线性结构，即 Scarpa 筋膜。其头段与腰围切迹相连，两侧与髂嵴及髂前上棘连接，尾端穿过腹股沟韧带与大腿深筋膜结合，远端的中部则插入会阴的 Colles 及 Buck 筋膜。脐上或经脐的横形区域内的皮下组织含有较多纤维组织，上与皮肤相连，下与腹白线、腹直肌前鞘及腹外斜肌连接，可导致部分肥胖者上下腹之间存在一横行沟状切迹，称之为腰围切迹。

一般认为仅下腹部存在局部脂肪蓄积，上腹部无局部脂肪蓄积。其浅层脂肪被 Camper 筋膜分隔为两层，并被纤维隔分隔为蜂房样结构，质地紧密，其肥大可掩盖肋弓的形态，使剑突下三角形凹陷消失。腹壁膨出和下垂与下列三方面原因有关：①腹部皮下脂肪组织肥大增生；②腹腔内容物增多；③腹壁肌肉松弛。其中女性皮下脂肪组织较多，男性腹腔内脂肪组织较多。

（七）臀部

臀部是人体容易发生脂肪堆积的部位之一，适当的脂肪堆积会使臀部显得更加丰满，增强形体的曲线美感。臀部皮肤较厚，浅筋膜也很发达，由富含纤维的脂肪组织形成软垫样结构，尤其在女性更为显著。浅筋膜的后下部特别厚，所以在人体处于坐姿时，这部分软垫样结构起着承受整个躯干重量的作用。臀部局部脂肪蓄积以黑人女性最为肥大。肥大增生可使臀部下垂、臀下皱襞变浅，给人以下坠笨重感。臀部偶见脂肪瘤，甚至可见波及腰、臀的脂肪块，均与臀部浅筋膜层含有大量脂肪组织有关。

（八）髂腰部

腰部脂肪蓄积的位置有性别差异。男性腰部也称胁腹部，脂肪蓄积的位置较女性为高，位于髂嵴上方，向前延续与腹部脂肪相连续，形成救生圈样或内胎样畸形。女性腰部也称髋部，其脂肪蓄积的位置低于男性，位于髂嵴处，常合并臀部、大腿外侧的脂肪蓄积，形成小提琴样畸形上段的凸起或方臀畸形，破坏了女性躯体的曲线，尤其是侧面的 S 形曲线。此外，髂嵴处脂肪蓄积过多，可以形成假性骑士臀。此差异是由于黏着区域的不同所致。男性黏着区位于髂嵴，限制了腰部皮下脂肪的下界；而女性黏着区位于臀外侧切迹，腰部皮下脂肪可越过髂嵴至切迹处。

（九）大腿

大腿是女性脂肪蓄积的常见部位之一，以大腿外侧、大腿内上部、膝内侧及大腿后侧蓄积多见。大腿皮下层积存一定数量的脂肪，既是储存能量和保温的需要，也是构筑大腿浑圆饱满外形、展现柔韧美的需要。大腿的浅筋膜与腹壁和小腿的浅筋膜相延续，类似于 Scarpa 筋膜，将深、浅层脂肪分隔开，并发出纤维带与深部的肌肉筋膜相连。在某些区域纤维连接带较为密集，浅层脂肪与深部肌肉筋膜附着，加之该区域的深层脂肪薄或缺如，而浅层脂肪及其上方的真皮较薄，Lockwood 等将之称为黏着区域。

（十）小腿与踝部

小腿浅筋膜向上与大腿、向下与踝部相延续，小腿的脂肪分布与遗传有关，与其他部位脂肪无关，即使其他部位脂肪不多，该部位脂肪也可能肥厚。膝内侧有脂肪蓄积，可形成 X 形腿；其上方可有脂肪蓄积，覆盖膝盖上半部；其内侧下方也可有脂肪蓄积。胫骨前无皮下脂肪。小腿内侧及后侧浅层脂肪易肥大，下 1/2 的脂肪较多，内侧的脂肪组织松软，容易抽吸。

踝部无脂肪蓄积，但浅层脂肪可明显肥大，主要蓄积在后内侧、后外侧，并向小腿延伸，在踝部

内、外侧呈条索状蓄积，使之臃肿。内、外踝及跟腱后侧区域无皮下脂肪。

第三节 脂肪细胞的来源与分化

传统脂肪细胞理论认为：人类出生时含有固定数量的脂肪细胞，这些细胞在青春期前增生复制，而在青春期后则停止增生，脂肪细胞数量保持固定，减少热量摄入仅能使细胞内的脂质减少；在特定的情况下，细胞可重新获得脂质，恢复至正常形态，但细胞数量不会增加，脂肪细胞数处于静态平衡。Green、Kehinde 认为，在出生前后脂肪细胞前体受代谢的直接调控或体内调节因子的间接调控。

许多学者提出脂肪细胞的发育理论，即成年人皮下仍保留脂肪细胞前体和(或)成脂肪细胞，其分化率降低，脂肪细胞同其他人体组织细胞一样处于增殖凋亡的动态平衡。Bjorntorp 等证实，在高脂饲养状态下，某些动物的脂肪细胞肥大并有新生的脂肪细胞，这些新生细胞一部分为成脂肪细胞，一部分为脂肪细胞前体。他们认为，人体有两种调控机制，第一种为非神经调控，第二种为局部调控，肥胖者的脂肪细胞前体分裂速度快于正常人。

一、脂肪细胞的来源

关于脂肪细胞的来源目前尚存在很大争议，成脂肪细胞只是推想出的一种能发育成为前脂肪细胞的多功能干细胞，还未在体内得到最终确认。

Flimming 认为，脂肪细胞来源于间充质细胞(mesenchymal cell)；Wassermann 认为，哺乳动物脂肪细胞源自血管周围的间充质细胞；Jarlssoli 认为，脂肪细胞源自窦周细胞。

Toldt 认为，脂肪细胞源自非间充质性质的特殊原始细胞。

Clark 认为，脂肪细胞是成纤维细胞的变种；Hausman 提出，脂肪细胞源自成纤维样细胞(fibroblast-like cell)，即前脂肪细胞。

现在多倾向于认为，脂肪细胞和其他细胞发生于各自不同的原始细胞，但源自不同位置的脂肪细胞其生长及分化有所差异，可能由源自同一个体不同位置的前脂肪细胞在分子水平的调节刺激因子不同所致。

二、前脂肪细胞

Wassermann 在 1926 年和 1929 年描述了前脂肪细胞；20 世纪 70 年代众多学者对基质微管成分(SVF)进行了系统研究，并培育成功了 3T3-F442A、3T3-L1 和 OB17 前脂肪细胞系，形成了完整的前脂肪细胞理论。前脂肪细胞理论阐明了脂肪组织内含有两种不同的细胞成分——脂肪细胞和前脂肪细胞，两者在一定条件下相互转化，呈动态平衡。

在幼年个体，前脂肪细胞增生较快，而在成年个体增生的速率则慢得多。体外研究显示，前脂肪细胞增殖分化是一种生长停顿—生长再续—细胞分化的连续过程。生长停顿是第一步，可由单层细胞形成的接触抑制或是药物作用、营养因子缺乏所致，是在 G_1/S 期界限的停顿。停顿之后迅速出现 Pob24 mRNA 以及 LPL mRNA 两种转化早期标记物，其中前者是脂肪的独特标记物。若解除此种生长停顿，前脂肪细胞的早期标记物消失，则重新出现生长和繁殖。若存在适宜的激素及生长因子的背景环境，如胰岛素、糖皮质激素及甲状腺素等，可持续处于生长停顿的状态，则细胞向成

熟脂肪细胞方向转化。此过程需要许多基因及其蛋白的调控，转化初期需转录因子 CCAAT-连接增强蛋白 β、δ(CCAAT/enhancer binding proteins-β、δ，C/EBP-β、C/EBP-δ)，随之需要另一转录因子过氧化物酶体增殖物激活受体-γ(peroxisome proliferators activated receptor-γ，PPAR-γ)，最终需要 C/EBP-α。在转化的不同时相合成 mRNA 及脂肪细胞特异蛋白。此外，脂肪合成要有甘油-3-磷酸脱氢酶(glycerol-3-phosphate dehydrogenase，GPDH)的作用，此时则会出现 GPDH mRNA 即晚期标记物。在体内该过程更为复杂，细胞的增殖、分化及肥大等过程交织在一起，其调控机制繁杂不清。

三、脂肪细胞的生长发育及分化调控

对单个脂肪细胞而言，其在体外的生长发育需要充足的营养、基质和激素等基本条件；前脂肪细胞在无血清培养基中即可增殖，并受多种生长因子的影响。但在体内，细胞的行为受多系统和多层次的调控。在分子水平，众多的基因参与了脂肪的生成(表 1-3)。在细胞水平，脂肪细胞内的甘油三酯来自血浆，毛细血管的建立对其功能至关重要。在组织水平，不同部位的脂肪细胞在脂肪小叶的构造、血管神经分布、血流速度、酶及受体的活性等诸多方面存在差异，而且局部细胞之间以及细胞与细胞外基质之间的相互作用对细胞的生长发育有着重要的调节作用，如体外实验显示：脂肪细胞可能分泌一种成熟因子，该因子对前脂肪细胞的分化有调节作用；血管内皮产生的内皮素

表 1-3　与脂肪生成有关的主要基因

基 因	定位	功能或作用
PPAR-γ	3p25	前脂肪细胞转换为脂肪细胞的转录因子
RXR-α①	9q34.3	与 PPAR 一起诱导脂肪特异基因的表达
C/EBP-α	19q13.1	分化晚期表达，预示脂肪特异基因的表达
C/EBP-β	20q13.1	早期表达，激发脂肪生成的串联反应并诱导 PPAR 表达
C/EBP-δ	8p11.2	激发新的脂肪生成的串联反应
SREBP-1/ADD-1②	17p11.2	调节胆固醇、脂肪酸合成基因表达，其过度表达可减少脂肪组织
PREF-1③	14q32	抑制脂肪生成(可能阻止 C/EBP-α、PPAR-γ 的功能)
PLIN④	15q26	与在分化的脂肪细胞合成脂滴有关的磷蛋白
WNT10B⑤	11q13	抑制脂肪生成(可能阻止 C/EBP-α、PPAR-γ 的功能)
RSTN⑥	19	由脂肪专门分泌的蛋白
ADRP⑦	9	位于未分化脂肪细胞的表面
AQP-7⑧	9p13	在脂肪细胞形成水与甘油的通道
HMGIC⑨	12q14—q15	涉及转录的调节
APM-1⑩	3q27	由脂肪细胞分泌，涉及胰岛素的标记

注：
①RXR-α：retinoid X receptor alpha，类视黄酸 X 受体-α。
②SREBP-1/ADD-1：sterol regulatory element-binding protein-1/adipocyte determination and differentiation-dependent factor-1，固醇调节因素连接蛋白-1/脂肪细胞决定及分化依赖因子-1。
③PREF-1：preadipocyte factor-1，前脂肪细胞因子-1。
④PLIN：perilipin。
⑤WNT10B：wingless-type MMTV integration site family，member 10B。
⑥RSTN：resistin，抵抗素。
⑦ADRP：adipose differentiation-related protein，脂肪分化相关蛋白。
⑧AQP-7：aquaporin-7。
⑨HMGIC：high mobility group protein isoform C，高动性组蛋白亚型 C。
⑩APM-1：adiponectin-1。

(endothelin, ET)可能通过旁分泌方式抑制前脂肪细胞分化。

（一）分化调控过程

脂肪细胞的基本分化过程为：多能干细胞→间充质前体细胞→前脂肪细胞→脂肪细胞。

在生长期，前脂肪细胞形态与成纤维细胞相似，达到接触抑制时，经适当的分化诱导，前脂肪细胞由于其细胞骨架和细胞外基质蛋白的表达改变，变为椭圆形，获得成熟脂肪细胞的形态和生化特征。生长停滞和克隆扩增伴随着复杂的基因表达谱的改变，LPL mRNA的表达是脂肪细胞分化的早期特征。脂肪细胞分泌的LPL在控制脂质积聚中起重要作用。脂肪细胞的终末分化过程涉及100多种蛋白质表达水平的改变，新合成的脂肪明显增多，并获得对胰岛素的敏感性。

（二）调控脂肪细胞分化的信号传导途径

调控脂肪细胞分化的信号传导途径有：①胰岛素样生长因子-1(IGF-1)激活的酪氨酸激酶途径；②糖皮质激素/前列环素途径；③cAMP-蛋白激酶A途径；④脂肪酸激活受体途径。视黄醇、前脂肪细胞因子-1、肿瘤坏死因子-α等则抑制脂肪细胞的分化。

考虑到人体其他组织持续的更新换代，现代脂肪细胞发育理论可能更为合理：脂肪细胞与前脂肪细胞相互转化，前脂肪细胞缓慢而持续的增生分化和成熟脂肪细胞的逆分化或部分细胞的凋亡处于动态平衡状态，使脂肪细胞的数量基本保持恒定，只有在严重肥胖或消瘦时才可能有细胞数量的改变。

第四节 脂肪细胞的内分泌功能

脂肪组织不仅是机体能量储存的主要场所，而且对其邻近组织起到支持、填充、保护、缓冲等作用，同时还是一个重要的内分泌器官。脂肪组织在组织学、发育学、分子生物学、内分泌学以及基因调控等多方面存在着紧密的联系。人们已经发现大的脂肪细胞能够分泌几十种因子，有生长因子类、细胞因子类、血管功能相关因子类、脂质蛋白代谢相关的脂蛋白脂酶、抵抗素、游离脂肪酸等。脂肪细胞产生的因子可进入循环作用于远处的靶器官，同时也可以自分泌、旁分泌形式作用于邻近的组织和细胞。

一、脂肪组织内分泌功能的依据

脂肪细胞的祖细胞为成脂肪细胞(lipoblast)，来源于间质细胞，极似上皮细胞，且棕色脂肪细胞的排列紧邻毛细血管呈团状，亦极似内分泌腺；由于棕色脂肪产热，提高血液温度，可使冬眠动物苏醒，故棕色脂肪本有“冬眠腺体”之称。脂肪细胞具有多种内分泌、旁分泌及自分泌功能，已发现人脂肪细胞所分泌的几十种脂肪细胞因子(adipocytokines)及蛋白质因子对全身各器官系统，其中包括脂肪组织本身有重要调节功能；许多因子的生理功能尚不清楚，而且新的调节因子还在不断被发现之中，其中已广为人知的如肿瘤坏死因子-α(TNF-α)、纤溶酶原激活物抑制物-1(PAI-1)、白细胞介素-6(IL-6)、白细胞介素-8(IL-8)、血管紧张素原、肥胖基因表达产物——瘦素(leptin)、视黄醇结合蛋白（RBP）、雌激素、胰岛素样生长因子-1（IGF-1）、IGF结合蛋白-3（IGFBP-3）、脂联素(adiponectin)以及新近发现的抵抗素(resistin)等。此外，还有些因子在脂肪细胞的表达也有重要的生理功能及病理意义，例如PPAR-s及解偶联蛋白家系(UCP-1～UCP-5)；脂肪细胞具有活跃的代谢作用及复杂的生理功能，脂肪细胞通过其所分泌的瘦素、TNF-α、IL-6及IL-28等的信号，可分别

PDG

和内分泌神经中枢、肾上腺、胰岛、骨骼肌、肝脏、心肌及血管内皮等细胞进行脂脑、脂胰、脂肌及脂肝等的"对话",形成复杂反馈网络,调节神经肽Y(NPY)、下丘脑-垂体-肾上腺轴及性腺轴功能,调节胰岛素分泌、肌细胞胰岛素受体的敏感性和葡萄糖转运体4(Glut-4)的表达、转位等以维持糖脂代谢,调节血管内皮功能以及机体的免疫功能等。而返回脂肪细胞的信号,特别是去甲肾上腺素、肾上腺皮质激素、胰岛素及性激素等又调控着脂肪细胞激素敏感的脂蛋白脂酶(LPL),以控制脂肪组织中脂肪的动员及储存、游离脂肪酸(FFA)与葡萄糖在非脂肪组织代谢的平衡,以及维持体重与能量的平衡。同时性激素,特别是雌激素,除在卵巢及肾上腺产生外,脂肪细胞亦为重要的产生场所。现在脂肪组织被称为制造雌激素的"大工厂",其所分泌的雌激素及瘦素对性发育、青春期的萌动及月经周期的调节均有十分重要的作用。

此外,尚有一些因子能够调控脂肪组织的量,但不是通过脂肪的动员而是通过诱导脂肪细胞的凋亡及脂肪细胞的分化(脂肪细胞生成),如PPAR-γ、生长因子、血管紧张素系统以及抵抗素;或调控脂肪组织发育过程中血管的新生,如甘油-丁酸酯(monobutyrin)。

最近的研究还证实,在脂肪细胞中还有与FFA及甘油转运有关的膜蛋白,可能是脂肪细胞的甘油通道(glycerol channel)。

在脂肪细胞所分泌的调节因子中,一些因子如瘦素、脂联素、PAI-1及抵抗素等进入血循环,作用于远处器官,起到经典激素的作用;另一些则于邻近组织或细胞之间或细胞内起旁分泌或自分泌调节作用。以上事实充分表明,脂肪组织是一个内分泌器官。脂肪组织的内分泌特性还在不断地扩展、延伸。由于它遍布全身,脂肪组织甚至可以称为身体最大的内分泌器官。

目前已证实几种脂肪组织来源的因子,如瘦素、TNF-α、IL-6等,有关准确评价其生理功能的研究还在继续。另外,超过40%在脂肪组织上表达的基因是新基因,而其中20%~30%具有分泌功能,继续揭示这些新型基因的特性对进一步认识脂肪组织的内分泌功能和能量代谢及其他生理系统的关系十分重要。

二、细胞因子和细胞因子相关蛋白

(一)瘦素

1. 瘦素(leptin)的来源、基因定位及结构 1950年,Ingalls等发现一株近亲繁殖的小鼠食欲亢进、过度肥胖,体重可达正常小鼠的3倍,并且患有糖尿病。他们的研究表明,这种小鼠的肥胖是由一个基因的隐性突变所引起的,遂将此基因命名为肥胖基因(obese gene,ob gene),首次出现了ob基因的概念,此株小鼠也因此命名为ob/ob小鼠,开辟了肥胖研究的新纪元。

1953年,Kennedy发现脂肪组织可以分泌调节体重的激素。1990年,Friedman报道了能够引起小鼠肥胖的五种单基因突变,分别是obese(ob)、diabetes(db)、fat(fa)、tubby(tub)和obese yellow(oy),为研究肥胖的分子机制奠定了基础。

1994年,Friedman实验室的Zhang Yiying等利用分子生物学方法成功克隆了小鼠的ob基因及人类的肥胖基因(OB基因或LEP基因),并鉴定了其所表达的蛋白,即瘦素。leptin源于希腊词根leptos,意为瘦、薄,有人也称之为苗条素、瘦蛋白、瘦因子、抗肥胖因子等。ob基因又称为瘦素基因,瘦素基因缺陷的ob/ob小鼠及瘦素受体基因突变的db/db小鼠均表现为病态肥胖且丧失生殖能力。瘦素的发现使人们对肥胖的认识取得了突破性进展,其作用机制的阐明,对于理解肥胖形成、体重控制和能量平衡的调节机制,无疑将起到极大的推动作用。

1988年,Yanagisawa研究小组在探索能控制进食新药的实验中,在大鼠下丘脑腹外侧发现了两种与食欲有关、与瘦素作用相反的神经肽,命名为增食因子A和增食因子B(orexinA、orexinB,

OXA、OXB；orexin 源于希腊语 orexis，意为食欲）。增食因子的发现使人们对肥胖机制又有了新的认识，为治疗肥胖提供了新的途径，并因此成为肥胖研究的新热点。

(1) 瘦素的基因定位：人的 OB 基因位于染色体 7q31.3，由 20000 个碱基组成，含有 3 个外显子和 2 个内含子。瘦素 mRNA 表达受 OB 基因启动子、PPAR-γ、C/EBP-α 的调节，胰岛素、糖皮质激素及雌激素可促进瘦素 mRNA 的表达，而 β-肾上腺素能激动剂则抑制其表达。此外，脂肪细胞体积的大小、细胞内外微环境及细胞壁的张力也对瘦素 mRNA 的表达起重要作用。

(2) 瘦素的结构：瘦素含有 167 个氨基酸，N 端有 21 个氨基酸残基构成的信号肽，表明瘦素是一种分泌蛋白。分子质量为 16kD，单链，球形分子，以游离和结合的形式存在于血浆中。其活性形式为游离态，体瘦者游离态和结合态各为 50%，肥胖者游离态较多。瘦素的血浆浓度存在明显的昼夜节律，午夜至凌晨最高，午后至傍晚最低，肥胖者高于体瘦者。

(3) 瘦素受体的基因定位及结构：人瘦素受体基因位于 4 号染色体，全长 5.1kb，编码 1162 个氨基酸，属于细胞因子受体家族。现已知瘦素受体的正常变异型有六种，即 OB-Ra～OB-Rf，其间的差异为分子羧基末端的长度不同，其中 OB-Rb 分子羧基末端的长度最长。瘦素受体分布广泛，存在于脑、心、肝、肾、肺、脾、胰岛、睾丸及脂肪组织。

2 瘦素的代谢及其影响因素　瘦素主要通过肾脏代谢，经肾小球滤过后，由肾小管的细胞代谢降解。

影响瘦素水平的主要因素有：①人体脂肪的容积；②皮下、内脏脂肪组织的比例；③胰岛素水平。其他影响因素尚有年龄、性别和皮质类固醇等：①年龄。在人类老化过程中，血浆瘦素水平逐渐下降，而且与其他主要内分泌功能无关。②性别。女性的血浆浓度大于男性，女性影响血浆瘦素水平的独立因素是雌二醇、脱氢表雄酮（dehydroepiandrosterone，DHEA），而男性只有睾酮，从而形成血浆瘦素水平的性别差异。③皮质类固醇。可以导致循环中瘦素的增加，在肥胖者的血液中瘦素上升的水平更高。

3 瘦素的生理效应　瘦素的平均血浆浓度为 5.8ng/ml，系脂肪细胞分泌的蛋白质类激素，具有较为广泛的调节作用。其血浆水平与脂肪细胞肥胖基因 mRNA 相对量呈正相关，一般只由白色脂肪组织尤其是皮下脂肪组织的脂肪细胞分泌，棕色脂肪组织、胎盘绒毛组织、肌肉及胃黏膜也可产生瘦素。

(1) 生理效应：随着研究的进展，人们发现，瘦素的生物学效应并不像人们最初认为的那样具有单一而明显的抗肥胖作用，其在生殖系统、造血系统和神经内分泌系统如甲状腺、肾上腺轴等都有一定的作用，其主要作用是调节能量平衡。能量摄入的增加及消耗的减少，使脂肪细胞体积增大、机体脂肪量增加，导致脂肪细胞合成及分泌瘦素增加。进入循环系统的瘦素经过位于脉络膜丛的受体，转移到脑脊液，在下丘脑与受体结合，活化 JAK/STAT 信号通路，导致一些基因的活化或失活，引起神经肽 Y（neuropeptide Y，NPY）的生成下降，最终导致食欲下降及能量消耗增加，从而减少机体的脂肪量。其中 OB-Rb 对瘦素的控制肥胖功能最为重要。一般情况下，某一个体的体重和脂肪百分数增加，其瘦素水平随之增加，对瘦素敏感性降低的肥胖者其体内瘦素水平更高。

瘦素调节体重与能量代谢的神经机制的基本框架主要由黑皮质素-4 受体（melanocortin-4 receptor，MC-4R）系统和 NPY 递质系统两个部分构成（图 1-10）。

此外，瘦素的生理效应还表现在：①与个体的生长有关，可影响造血、卵黄囊、胚胎的表达；②与青春期发育有关，一定量的脂肪储备是青春发育的始动因素，并与下丘脑-垂体-性腺轴有相关作用；③可促进生殖，加速皮肤的愈合；④对生殖系统、造血系统及其他神经内分泌系统都有一定作用，例如可对抗肿瘤坏死因子的毒副作用（畏食、代谢失调、炎性反应等），抑制胰腺 B 细胞分泌胰



图 1-10 瘦素调节体重与能量代谢的基本框架

岛素，减少体内瘦素有助于胰岛素水平的提高，而且可能参与生育力、血压的调节，并促使肾小球硬化以及抑制骨形成。近年来研究发现，瘦素与机体其他内分泌激素和儿童生长发育有着相关作用。

（2）与肥胖的关系：目前认为，瘦素在体内主要通过两种途径发挥作用，高水平时通过促黑皮质素受体系统抑制摄食，低水平时通过 NPY 递质系统促进摄食。其与肥胖的关系有四种可能：①瘦素缺乏；②OB-Rb 缺陷；③瘦素通过血-脑脊液屏障进入中枢神经系统障碍；④OB-Rb 后缺陷。其中①、②较为罕见，全世界仅有几例，大多数以③、④为主因。迄今为止所发现的激素中，瘦素与胰岛素抑制进食的作用最强，是调节进食的两种最主要的激素，其中瘦素的作用可能更为重要。

动物实验表明，调节瘦素生产的基因缺失的实验鼠体格肥胖，若给予瘦素，则实验鼠的摄食减少，体重减轻。人体瘦素水平最高者（14.4ng/ml）体重更重，不运动、进食饱和脂肪及胆固醇的量高于最低者（3ng/ml）。人体肥胖者血液中具有较高水平的瘦素，伴有低钝的昼夜波动和较低的脉冲频率，可能与人体相关受体丧失对瘦素的识别或应答能力、产生瘦素抵抗有关，但大剂量外源性瘦素可能使人体重下降。Colchamiro 的报道显示瘦素治疗肥胖症，可加快体重下降的平均速度，注射瘦素 4 周后消瘦者和肥胖者无论使用瘦素的剂量大小，其平均下降的体重相同；用药后 24 周，随瘦素剂量增加，体重下降更多。目前认为，瘦素只有在极高的水平上（为体内瘦素正常量的 100～400 倍）才能有效地降低体重。从理论上讲，瘦素选择性作用于受体，较其他药物副作用少。但是美国 1999 年 10 月一期临床试验结果表明，注射大剂量瘦素的不良影响较大，超出了使体重下降的益处，而且对相当一部分肥胖者不起作用，需进一步观察研究。

有研究表明，增加体力活动（每周 3 小时慢跑）可使瘦素水平下降 10%；如再增加 3 小时慢跑，可使瘦素再下降 10%。某些实验表明，去除脂肪组织后 OB 基因表达水平降低，瘦素产生减少，脂肪组织再生的可能性降低。

（二）细胞因子

伴随瘦素的发现，短短几年的时间中不断有证据表明脂肪细胞可能分泌其他新的因子，如脂肪细胞能够合成肿瘤坏死因子（TNF）和白细胞介素（IL）。TNF 和 IL-6 抑制脂蛋白的脂肪酶，影响类

固醇的转化和性成熟，是创伤后代谢营养最密切的因子。TNF也能抑制胰岛素刺激的葡萄糖上调，减少脂质在脂肪细胞中集聚；其他的作用还有营养、诱导凋亡、调节细胞性状以及引导去分化等，后者包括减少过氧化物酶体增殖物激活受体-γ（peroxisome proliferators activated receptor-γ，PPAR-γ）。另外，脂肪细胞分泌的细胞因子可促进或抑制其他的细胞因子，并调节其他系统，例如上述的结构性细胞因子瘦素。脂肪组织不仅是能量储存库，还是具有内分泌功能的器官，受交感神经调节。脂肪组织分泌蛋白不仅影响能量的平衡，调节内分泌和免疫系统，而且其他产物——促炎细胞因子、补体因子、凝血（纤维蛋白溶解）级联反应组成成分及一些肽和非肽类物质同样是由脂肪组织分泌的，它们的功能和调节作用正有待于深入研究。免疫反应是炎症过程中机体的重要变化，细胞因子如IL和TNF等的水平提高可以增加T辅助细胞的反应能力和IgG产物。

1 TNF-α　近年来的研究表明，TNF-α具有广泛的生物活性。它在创伤愈合过程中发挥着重要的调节作用。TNF-α最初被描述成一种能够使肿瘤坏死的内源性毒性因子，在离体的情况下，由巨噬细胞分泌。TNF-α是一个26kD跨膜蛋白，当其被裂解为17kD的生物活性蛋白时能够与TNF-α Ⅰ和Ⅱ型受体产生作用。在脂肪组织中，TNF-α主要表达在脂肪细胞和间质的血管内皮细胞上，脂肪组织膜上表达两种类型的TNF-α受体，TNF-α能够在活体情况下参与能量动态调节。TNF-α靶基因的缺失或者其受体变化将改变胰岛素的敏感性和循环中的非酯化脂肪酸（non-esterified fatty acids，NEFAs）。这种影响可能是由多种机制造成的，其中对胰岛素信号通路的影响可能尤为关键。

2 IL-6　即白细胞介素6。

（1）IL-6：1985年，人们从人T细胞中首先获得IL-6 cDNA克隆。人类IL-6基因位于7号染色体，分子质量为26kD。IL-6在1986年统一命名为白细胞介素-6，此前曾根据实验系统和功能的不同，被命名为杂交瘤（浆细胞瘤）生长因子（HPGF）、B细胞刺激因子-2（BSF-2）和肝细胞刺激因子（HSF）等。这些命名也提示了IL-6生物学功能的多样性。IL-6在机体的免疫调节、炎症反应、造血调控等过程中均发挥重要作用。

（2）IL-6的受体系统：IL-6受体系统包括两条肽链，α链（IL-6R）又称特异性结合链，即IL-6结合受体蛋白（IL-6 binding receptor protein），为配基特异性受体，分子质量为80kD；β链（gp130）又称信号转导链即信号转导蛋白，分子质量为130kD。IL-6R与gp130均以膜型和可溶性受体的形式存在。

（3）脂肪组织表达IL-6：在脂肪组织中，IL-6和IL-6R在脂肪组织细胞和脂肪组织的基质中表达。IL-6能降低周围组织中胰岛素信号主要是由于减少胰岛素受体的表达，负性调节瘦素和胰岛素信号。另外，IL-6可抑制脂肪形成，降低脂联素的分泌。

Mohamed等证实肥胖者的脂肪组织能够分泌大量的IL-6，并使IL-6水平上升25%，而且IL-6水平与胰岛素抵抗的一些指数密切相关。

（三）免疫相关蛋白

单核细胞趋化蛋白-1（monocyte chemoattractant protein-1，MCP-1）：肥胖与脂肪组织中巨噬细胞的浸润增加有关。激活的巨噬细胞分泌炎症因子，有助于胰岛素对抗，包括TNF-α、IL-6等。MCP-1是在脂肪组织中表达并分泌的，在炎症部位的趋化因子能够募集单核细胞。MCP-1具有局限性的内分泌作用、在培养的脂肪细胞中，MCP-1能够降低胰岛素刺激的葡萄糖摄取和胰岛素诱导的胰岛素受体酪氨酸磷酸化。同时，MCP-1抑制脂肪细胞的生长和分化是通过减少大量脂肪形成基因的表达来实现的。

（四）纤溶系统中的蛋白

纤溶酶原激活物抑制因子-1(PAI-1)是内源性纤溶系统的主要调节因子，它能降低纤溶，促进血栓形成，是心血管病发病的一个重要危险因素。PAI-1主要由血管内皮细胞和肝细胞产生，而近期研究发现，脂肪组织也能分泌产生PAI-1。肥胖者血浆PAI-1水平升高，并与体脂总量相关，而且网膜脂肪PAI-1的生成量大于皮下脂肪。

PAI-1是丝氨酸蛋白酶抑制剂家族的成员之一，是纤维蛋白溶解的主要抑制因子，常通过灭活尿激酶型和组织型纤溶酶原活化因子来完成。在脂肪组织（包括脂肪细胞）中，PAI-1表达很多细胞表型，它们参与胰岛素的敏感性和代谢过程。

（五）补体的相关蛋白

脂联素(adiponectin，APN)：人类脂联素于1995年由Scherer等发现。脂联素的基因位于3号染色体长臂的27带，编码产物为30kD的糖蛋白，原称脂肪细胞补体相关蛋白30kD。1999年Ouchi等改名为"adiponectin(APN)"，中文译名为"脂联素"。脂联素主要在白色脂肪组织中表达，棕色脂肪组织、单核细胞、主动脉壁及骨髓细胞等表达较少。脂联素单体分子全长244个氨基酸残基，含有胶原样结构域和球形结构域，依靠其球形结构域形成三聚体，再通过胶原样结构域的相互作用形成具有更高分子量的复合体。

脂联素在脂和糖的代谢方面有其重要功能。由于脂联素水平和胰岛素敏感性呈正相关，在胰岛素抵抗和炎症状态下，脂联素的作用毋庸置疑。此外，脂联素能够调节胶质细胞的生长和分化，同时它还可以通过刺激角质细胞分泌生长因子影响其创伤修复细胞的生物学功能。

CORS-26是新发现的一种脂肪因子，与脂联素的结构具有高度同源性。有研究表明，CORS-26也具有抗炎作用，能够抑制经脂多糖处理分化THP-1细胞TNF和IL-6的释放。

（六）脂质代谢转运的相关蛋白

生理、病理性血管反应依赖于大量细胞间介质的活动，包括激素、一氧化氮(NO)、蛋白和脂质等。脂质不仅包括不同类型的脂蛋白，而且包括广泛的脂类信号分子，如脂肪酸(fatty acid)、花生酸类物质（eicosanoid）、磷脂（phospholipid）及其衍生物、鞘磷脂（sphingolipid）和类异戊二烯(isoprenoid)。脂蛋白及其天然或氧化的脂质成分在很多方面影响血管的功能，而且这种作用调节炎症和愈合。脂肪组织储存甘油三酯(triacylglycerol)，同时白色脂肪组织作为内分泌器官调节脂质代谢。Stallmeyer等证实，leptin缺陷性肥胖大鼠创面愈合过程中的血管生成作用受阻。脂肪酸对于愈合的形成有一定的作用。严重损伤后，脂肪酸的变化影响蛋白的代谢和临床结局。Pratt等研究发现，烧伤后脂肪酸影响创面的愈合和免疫功能。多不饱和脂肪酸(polyunsaturated fatty acid)能潜在调节人的免疫系统反应，甚至可以调节一些细胞株的凋亡。单核细胞是先天性免疫的主要效应细胞，在免疫反应的启动、发展和结局中扮演重要角色。它们能防御进入机体的病原体，并溶解一些细胞，参与创面愈合、修复和组织塑形。

（七）肾素-血管紧张素系统

1 肾素-血管紧张素　血管紧张素原（AGT）是所有血管紧张素肽类的唯一前体物质。1987年，研究者在大鼠主动脉旁棕色脂肪组织中首次发现AGT。其后，在人类脂肪组织中，原代培养的脂肪细胞以及正在分化的前脂肪细胞中均发现了AGT的表达，并且AGT的表达和分泌物增加是前脂细胞分化的特征。血管紧张素Ⅱ受体-1(AT1)于1993年在大鼠附睾脂肪细胞膜上被首次发现，后来又通过对其mRNA、蛋白的检测及药理学作用等方面研究证实了AT1及AT2受体的存在。但不同的血管紧张素Ⅱ受体在脂肪组织分化、增生等过程中表达情况及作用尚不明确。近来Giacchetti等发现在人类内脏脂肪中AGT及AT1的mRNA的表达较皮下脂肪组织更高。

在脂肪组织中有几个经典的肾素-血管紧张素系统(renin-angiotensin system, RAS)蛋白。它们包括肾素(renin)、血管紧张素原(angiotensinogen, AGT)、血管紧张素Ⅰ(angiotensin Ⅰ)、血管紧张素Ⅱ(angiotensin Ⅱ)、血管紧张素受体-1(angiotensin receptors type 1, AT1)和血管紧张素受体-2(AT2)、血管紧张素转换酶(angiotensin-converting enzyme, ACE)和其他能够产生血管紧张素Ⅱ的蛋白酶。RAS影响脂肪组织的发育,特别是血管紧张素原和血管紧张素Ⅱ等成分。血管紧张素Ⅱ能够使脂肪细胞生长和分化。脂肪组织的RAS调节脂肪来源的内分泌因子的表达,包括前列腺环素、PSI-1和瘦素等。

RAS是调节机体功能的几个重要激素系统之一,血管紧张素Ⅱ是RAS最重要的生物活性肽,在调节血压和水电解质平衡方面起重要作用。近10年来,一个全新的概念出现在血管紧张素Ⅱ的研究领域,即除经典的作用外,局部的血管紧张素Ⅱ还作为一个多效应生长因子可影响细胞的增殖、凋亡和分化,并在组织损伤修复中起重要作用。业已证明,皮肤是血管紧张素Ⅱ靶器官之一,血管紧张素Ⅱ通过其特异性受体参与正常皮肤组织的自我更新和损伤修复。

2 血管紧张素受体样蛋白J apelin是1998年首次被发现的血管紧张素受体样蛋白J受体(APJ受体)的内源性配体,2005年被确认为一种新的脂肪因子。它不仅参与了众多心血管疾病的发生、发展,而且还在肥胖相关疾病、进食、神经内分泌等方面发挥重要影响。

(1) apelin是APJ受体的内源性配体:肽类激素的生物学活性主要是通过G蛋白偶联受体的激活来完成的。G蛋白偶联受体均含有7个疏水跨膜区,广泛分布于人体各个部位,具有重要的生理作用。那些没有发现配体的G蛋白偶联受体被称为孤儿受体。1993年,Dowd等发现了一种新的G蛋白偶联受体,其基因序列和血管紧张素受体-1的疏水跨膜区有40%~50%同源,被命名为血管紧张素受体样蛋白J受体,简称APJ受体。1998年,Tatemoto等通过"反向药理学"的方法发现并分离纯化了APJ受体的内源性配体,被命名为apelin(APJ endogenous ligand)。

(2) apelin的生理学特点:人类的apelin基因位于染色体Xq25—26.3,包含3个外显子和2个内含子,编码含77个氨基酸的apelin前体肽。Apelin36是其成熟形式,还有一些更短的形式如apelin13和apelin17等,它们比apelin36有更高的生物学活性。Apelin广泛分布于中枢神经系统和外周器官中,提示该物质有广泛而重要的生物学功能。自从确定apelin是APJ受体的内源性天然配体后,对它的研究就广泛地展开。但是迄今为止,多数研究都局限于它在心血管系统中的作用和意义。2005年,apelin mRNA和蛋白质从来源于鼠类与人类皮下组织的脂肪细胞中分离并鉴定,由此确定了apelin作为一种脂肪因子的存在。鼠类的apelin的表达在白色脂肪组织中明显高于棕色脂肪组织,它也表达于未分化的鼠类前脂肪细胞。在脂肪细胞的体外培养中,也可观察到脂肪细胞分泌apelin。由此,apelin作为一种脂肪因子的相关研究逐渐展开。TNF-α能上调脂肪组织中apelin的表达,并进一步使血浆apelin浓度升高。同时发现,相关的信号转导途径是通过促分裂原活化蛋白激酶(MAPK)、c-Jun氨基端激酶(JNK)和磷脂酰肌醇-3激酶(PI3K)介导的,而非蛋白激酶C通路所介导。

(八) 抵抗素

2000年,Steppan等发现脂肪细胞分泌的一种蛋白质与胰岛素抵抗有关,使血糖水平升高,因而将此蛋白质命名为抵抗素(resistin)。抵抗素全长108个氨基酸残基,是一分子质量为12.5kD的脂肪细胞分泌的多肽类激素。人类的抵抗素基因位于染色体19p13.3,有4个外显子和3个内含子。

抵抗素由白色脂肪组织分泌,其氨基酸顺序中包括N端信号肽及一高度保守的胱氨酸残基序列。研究表明,抵抗素基因的表达及蛋白质的分泌可被糖尿病药物噻唑烷二酮类(TZDs)显著抑制。在先天和食物诱导的肥胖模型、胰岛素抵抗状态下抵抗素水平明显升高。大量的研究均提示,抵抗

素是一种影响代谢、对抗胰岛素的激素。抵抗素的靶分子尚不清楚，推测它可能通过胰岛素靶组织的受体调节了胰岛素信号途径的一个或多个步骤。另外，抵抗素还可能作用于脂肪及肌肉以外的组织。

实验结果显示，抵抗素可以抑制前体脂肪细胞系 3T3-L1 向成熟脂肪细胞的分化，在无抵抗素的培养基中 3T3-L1 可以分化为含有大量脂肪的成熟脂肪细胞，在加入抵抗素的培养基中前体脂肪细胞并未出现广泛的脂肪转化，提示抵抗素是一种抑制脂肪组织形成的反馈信号。抵抗素在人类的表达已被证实，但抵抗素如何发挥作用，还有待于研究。

（九）内脏脂泌素

Fukuhara 等于 2005 年发现内脏脂泌素（visfatin），这是一种新的脂肪因子，与先前在淋巴细胞中发现的一种称为前 B 细胞克隆增强因子（Pre-B cell colony-enhancing factor，PBEF）的免疫蛋白结构一致，由于其主要由内脏脂肪组织分泌，因此将之命名为 visfatin，即内脏脂泌素，也称内脏脂肪素、内肥素、内脂素等。

1 visfatin 的生物学特征

（1）visfatin 的分子结构：visfatin 呈结晶状结构，以游离态、与烟碱单核苷酸结合以及与烟碱胺转磷酸核糖基酶抑制剂 FK-866 结合 3 种不同的形式存在。visfatin 的结晶状结构为葡萄糖代谢和烟碱胺腺嘌呤二核苷酸的生物合成提供了物质学基础。

（2）visfatin 的生物学功能：c57BL/6J 小鼠和胰岛素抵抗肥胖 KKAy 小鼠经注射重组 visfatin 后，血糖显著降低；经编码 visfatin 的腺病毒转染后，它们的血糖和胰岛素水平也明显下降；visfatin 表达缺陷的小鼠血糖水平高于野生型小鼠。这些都说明 visfatin 与胰岛素一样，具有降低血糖的作用。此外，visfatin 能直接与胰岛素受体结合达到降血糖的作用，只是与胰岛素结合的部位不同。

2 visfatin 的来源及调控 前 B 细胞克隆增强因子/visfatin 是早期 B 细胞的一个生长因子，最初从外周血激活的淋巴细胞中分离而来；主要表达于骨髓、肝脏和肌肉中。visfatin 主要由内脏脂肪产生，目前已在人类、小鼠、大鼠和猪等种属中发现，且受多种因素的调节。

（1）visfatin 分泌的节律性：Ando 等研究发现，visfatin 的分泌具有 24 小时节律性，肥胖的 KK 小鼠的这种节律性微弱下降。进一步的研究表明，中度肥胖、糖尿病的 KK-Ay 小鼠的节律性大大下降。肥胖型糖尿病患者肝脏 visfatin 分泌的节律性消失。提示：visfatin 的节律性分泌随肥胖程度的加重而受到抑制。有趣的是，KK 和 KK-Ay 小鼠接受抗糖尿病药物 pioglitazone 治疗后，脂肪细胞内 visfatin 分泌的节律性变弱，但 pioglitazone 改善了肝脏 visfatin 的节律性分泌。

（2）visfatin 与运动：目前有关运动与 visfatin 关系的研究尚处于初步阶段。最近，Haider 等的研究表明，与对照组相比，Ⅰ型糖尿病患者血浆 visfatin 水平上升，有氧运动使得Ⅰ型糖尿病患者血浆 visfatin 浓度降低，并且这个效果持续到运动干预后的第八个月，但没有发现其他参数发生变化。而且 visfatin 浓度下降对糖耐量是否有影响尚没有明确的结论。另外，Frydelund 等研究了有氧运动对 visfatin mRNA 表达的影响，他们让健康受试者进行 60% VO_2max 的自行车运动，在运动后的 0 小时、3 小时、4.5 小时、6 小时、9 小时和 24 小时检测男子腹部皮下脂肪组织和骨骼肌，观察 visfatin mRNA 的表达的变化。研究结果表明，在皮下脂肪组织，运动的后 3 小时、4.5 小时和 6 小时这三个时间点，将运动组与运动之前以及安静组比较，脂肪组织中 visfatin mRNA 的表达增加了 3 倍。研究还发现运动诱导的脂肪组织中 visfatin mRNA 表达增加不是伴随血浆中 visfatin 水平的增加而增加的，而骨骼肌中 visfatin mRNA 的表达不受运动的影响。灌注重组人类 rhIL-6 模拟运动诱导的 IL-6 反应，与灌注安慰剂相比对脂肪组织中 visfatin mRNA 的表达并没有影响。运动增加了皮下

脂肪组织中 visfatin mRNA 的表达，提示 visfatin 在运动后的恢复期参与局部组织的代谢。

（3）visfatin 与肥胖：大量临床研究表明，与周围性肥胖比较，以腹部脂肪异常堆积为特征的腹型肥胖与糖尿病、动脉粥样硬化等有更为密切的关系。visfatin 在内脏脂肪中高度表达；在 T2DM KK-Ay 小鼠迅速变胖期间，血浆 visfatin 水平及内脏脂肪中 mRNA 表达显著升高。Haider 等发现肥胖者的血浆 visfatin 浓度远高于对照组；随着体质量的减轻，visfatin 浓度也随之下降。同样，肥胖儿童的血浆 visfatin 浓度约是对照组的 2 倍，说明 visfatin 可能与肥胖儿童的代谢紊乱发展有关。但也有研究结果与此相反。Pagano 等发现肥胖组血浆 visfatin 浓度及其皮下脂肪组织中 mRNA 表达明显低于正常对照组，两者都与体质量指数呈负相关。

（十）其他蛋白

1 视黄醇结合蛋白　维生素 A 是人体必需的一种重要维生素，可进一步转化为多种活性衍生物，如视黄醇、视黄酸等（统称为视黄醇类），视黄醇类的生理功能主要由两类蛋白质介导，即视黄醇类受体和视黄醇类结合蛋白。视黄醇类受体是一类配体诱导的转录因子，隶属于核受体超家族，主要是视黄酸受体。视黄醇类结合蛋白主要有五种：血浆视黄醇结合蛋白（plasma retinol binding protein，RBP）、胞内视黄醇结合蛋白（cellular retinol binding protein，CRBP）、胞内视黄酸结合蛋白（cellular retinoic acid binding protein CRABP）、胞内视黄醛结合蛋白（cellular retinaldehyde binding protein，CRALBP）和光受体视黄醇类结合蛋白（interphotoreceptor retinoid binding protein，IRBP）。后四种均为细胞内的结合蛋白，而 RBP 是细胞外视黄醇最主要的转运蛋白，也是最丰富的视黄醇类结合蛋白之一。

RBP 属于 lipocalin 超家族，分子质量约 21kD，配体主要是全反式视黄醇（all-transretinol），即维生素 A，Kd=20nm，结合位点 1。RBP 具有典型的 lipocalin 折叠结构：8 条反平行 β-折叠肽段围成一 β-桶，桶内为配体的结合位点，N 末端位于桶底，在外侧形成一桶盖。这一结构在其他一些视黄醇类结合蛋白中也是保守的，只是由于 β-桶内氨基酸残基的差异，造成它们对配体的要求不同，这是它们结合特异性的分子基础。

2 金属硫蛋白（metallothionein，MT）　MT 发现于 1957 年，广泛存在于生物界，不但几乎所有动物体内含有 MT，植物和微生物中也存在 MT 或类哺乳动物 MT。Trayhurn 等证实，在棕色脂肪和白色脂肪组织中均有 MT-1 和 MT-2 基因明显表达，且有蛋白的分泌。MT 由 61 个氨基酸组成，分子质量为 6～7kD，不同种属的 MT 等电点（pI）有差异，一般在 pH 4.0～4.5。MT 构象较坚固，生物学性质稳定，具有较强的耐热性，同时抗酶解，而且蛋白质氨基酸排列有重复性，在氨基酸链断掉一部分后仍会有活性。从细胞水平上，MT 为胞浆蛋白，主要分布于胞浆中，在血液中也有少量存在，也可在溶酶体中集聚，在发育阶段核内可观察到 MT 的存在。天然 MT 中金属的组成依赖于自然环境和动物体对金属的暴露情况，在受金属离子诱导后肝 MT-1 和 MT-2 主要结合 Zn^{2+}；肾 MT-1 和 MT-2 主要结合 Cd^{2+}，还有 Cu^{2+}或 Zn^{2+}。

Trayhurn 证实，在棕色脂肪和白色脂肪组织中均有 MT-1 和 MT-2 基因明显表达，且有其蛋白的分泌；在附睾、肾周、网膜及皮下脂肪组织中均有 MT-1 mRNA 的表达，且白色脂肪组织中 MT-1 的表达不受禁食和去甲肾上腺素的影响。脂肪细胞表达 MT-1 基因早于降脂素和脂蛋白脂肪酶基因，说明 MT-1 是脂肪分化的早期标志；糖皮质激素、地塞米松显著增加脂肪细胞 MT-1 mRNA 表达和蛋白分泌，胰岛素和瘦素也可刺激 MT 产生。Kim J. R. 发现网膜脂肪组织中 MT-2 mRNA 水平和蛋白表达高于皮下脂肪组织，同时在 3T3-L1 前脂肪细胞向脂肪细胞分化中起作用，N-乙酰半胱氨酸（NAC）通过抑制 MT-2 的作用间接抑制脂肪细胞的分化，呈现时间依赖效应。向鼠腹腔内注射 NAC 可引起体重减轻及内脏脂肪组织的显著减少，表明 MT-2 在脂肪生成过程中起重要作用，而

NAC 可作为有用的抗肥胖药物。

三、应激对脂肪内分泌的影响

（一）应激激活下丘脑-垂体-肾上腺轴及交感神经系统对脂肪内分泌的影响

在亚急性和慢性应激时，机体常伴有轴反馈调节机制不足，出现促肾上腺皮质激素（ACTH）和糖皮质激素的分离现象，即皮质醇浓度高，而 ACTH 正常或下降。此时机体肾上腺皮质功能的维持主要以非 ACTH 依赖调节为主，即交感神经-肾上腺髓质-肾上腺皮质系统的参与。而此时皮质醇浓度的增高与伴随的高胰岛素血症，可诱导摄食增加导致肥胖，从而介导脂肪内分泌变化。

在应激状态时，许多代谢综合征及糖尿病患者也存在下丘脑-垂体-靶腺轴（肾上腺、性腺）的功能紊乱，表现为下丘脑-垂体-肾上腺轴（HPA 轴）的高敏性，HPA 轴及交感神经-肾上腺髓质系统兴奋性增强，促肾上腺皮质激素释放激素（CRH）分泌增多导致肾上腺皮质分泌皮质醇及肾上腺来源的雄激素（女性雄激素增多）和儿茶酚胺增多；另一方面，CRH 分泌增多也抑制生长激素释放激素（GHRH）的释放，使生长激素水平及性腺来源的性激素分泌水平下降（男性雄性激素水平减少）；上述糖皮质激素、儿茶酚胺、生长激素及性激素的异常变化导致内脏脂肪增加及胰岛素抵抗的增强，从而介导脂肪内分泌与代谢的异常。

应激激活 HPA 轴后，皮质醇分泌增多，促进脂肪分解，血浆游离脂肪酸（FFA）水平升高。慢性应激性糖皮质激素负反馈调节功能障碍导致 HPA 轴功能失衡，糖皮质激素分泌量增多，使脂肪再分布异常，内脏脂肪堆积产生腹型肥胖，并引起循环中 FFA 水平升高，导致胰岛素抵抗。研究发现，用肾上腺糖皮质激素地塞米松处理 3T3-L 脂肪细胞，其 GluT-4 表达水平减少了 30%，造成脂肪细胞对胰岛素的敏感性下降。另外，高水平的循环儿茶酚胺与脂肪组织 β_3-肾上腺素能受体（β_3-AR）的亲和力增高，儿茶酚胺通过 β_3-AR 所介导的脂解作用增强，使内脏脂肪在肾上腺素能激发后脂肪分解率更高，大量游离脂肪酸（FFA）释放后经门静脉系统至胰岛素靶组织如肝脏、骨骼肌组织等，增加胰岛素抵抗；β_3-肾上腺素能作用还可以降低胰岛素和受体结合的能力及受体后作用，同时影响 Glu-4 转运，降低胰岛素介导的葡萄糖摄取。β_3-AR 基因被称为潜在节约基因，此肥胖易感基因与神经内分泌的关系极为密切。

应激时下丘脑的变化与脂肪内分泌的变化也关系密切，下丘脑分泌的神经肽（NPY）能促进食欲，NPY 是中枢神经系统调节能量平衡及摄食的重要因素，NPY 释放增多可引起肥胖。在慢性应激的动物模型中，下丘脑中的 NPY 升高，引起动物持续性的进食及体质量增加。还可以引起肝脏及脂肪组织的脂肪合成增加，脂肪组织的糖吸收增加及其脂蛋白脂肪酶活性增加，血中甘油三酯浓度增加和肌肉组织的葡萄糖利用减少，使糖、脂代谢紊乱加重。

松果体腺所分泌的吲哚类激素褪黑素对应激机体或正常机体下丘脑-垂体-肾上腺轴及下丘脑-垂体-性腺轴有明显的抑制作用，尚可通过抗氧化应激来保护糖尿病动物。因此，褪黑素对应激时神经内分泌免疫的影响以及与脂肪内分泌的相互关系可能是一个非常有潜力的研究课题。

（二）应激对下丘脑-垂体-性腺轴的影响及其与脂肪内分泌的关系

应激可导致性激素分泌紊乱。应激使下丘脑促肾上腺皮质激素释放激素（CRH）、垂体促肾上腺皮质激素（ACTH）及肾上腺素糖皮质激素过度分泌，CRH 和皮质醇不仅可抑制垂体促性腺激素分泌，还可直接抑制卵巢或睾丸产生性激素。应激还可通过中枢及外周阿片肽的释放抑制性激素的分泌。血清性激素水平的变化与应激的形式、应激的持续时间以及应激的强度等因素有关。长期应激可通过激活轴而抑制下丘脑-垂体-睾丸轴功能，小鼠接受慢性悬吊应激可见血浆睾酮水平明显降低，同时出现性行为低下或缺失。但在急性应激的最初阶段，睾酮的分泌水平提高。总之，应激

可引起血清睾酮和雌二醇水平的紊乱。雌二醇水平的升高抑制人类脂肪组织脂蛋白脂酶活性;脂蛋白脂酶活性的增加使游离脂肪酸浓度增加，导致胰岛素抵抗。女性脂肪组织存在雌激素受体(ER),尤其是成熟脂肪细胞存在ER mRNA。离体脂肪细胞研究显示,雌激素作用于表达ER的脂肪细胞,引起了脂肪滴变小和数目减少,细胞内甘油三酯含量降低,脂蛋白脂酶mRNA明显降低。在仅有ER表达无雌激素处理的脂肪细胞中，脂蛋白脂酶mRNA水平比无ER表达的脂肪细胞脂蛋白脂酶mRNA降低了50%。进一步的研究显示,ER抑制了脂蛋白脂酶的启动因子,使脂蛋白脂酶的转录减少。雌激素也可以直接作用于脂肪细胞,增加胰岛素受体的表达,影响葡萄糖的稳定性。

睾酮水平的增高和降低均可导致与脂肪内分泌功能紊乱有关的胰岛素抵抗:睾酮浓度增高可通过以下途径造成雌性个体胰岛素抵抗:①降低外周组织对胰岛素的敏感性。②抑制胰岛素介导的葡萄糖转运和肌糖原的合成。③引起肌肉内对胰岛素敏感的Ⅰ型肌纤维减少,而对胰岛素抵抗的Ⅱ型肌纤维增加,肌纤维内长链肌球蛋白增加,同时肌肉内毛细血管减少。这些肌肉形态结构的改变与胰岛素敏感性下降有关。④睾酮可诱导脂肪组织中β-肾上腺素能受体的表达及增加腺苷酸环化酶的活性,增加儿茶酚胺介导的脂肪动员,提高血浆游离脂肪酸浓度,引起胰岛素抵抗。引起胰岛素受体自身磷酸化作用减弱。另一方面,睾酮浓度的降低可造成雄性个体胰岛素抵抗:睾酮参与体内脂肪分布的调节,低雄激素状态可下调腹部脂肪β-肾上腺素能受体数目,使腹内脂肪脂解减少而积聚,导致腹型肥胖。睾酮水平降低还可使内脏脂肪细胞脂蛋白脂酶活性增加,腹内脂肪积聚导致腹型肥胖。

(三)应激时细胞因子的变化及其与脂肪内分泌的关系

应激还可引起TNF-α、IL-1、IL-6等细胞因子的增加,IL-6的升高可促进脂肪组织中的应激相关肽瘦素的分泌增加。TNF-α可由免疫细胞和脂肪细胞产生,在感染应激中脂肪细胞分泌TNF-α增加,TNF-α间接通过刺激ACTH、胰高血糖素、儿茶酚胺、皮质醇等胰岛素拮抗激素的增加,分别或共同参与了TNF-α介导的胰岛素抵抗。TNF-α可直接通过持续的细胞因子信号抑制子-3(SOCS-3),介导IRS-1的丝氨酸磷酸化,抑制IRS-1的酪氨酸磷酸化,减弱PI3K活性,下调PPAR-γ mRNA的表达;TNF-α可抑制脂肪细胞胰岛素的信号转导,改变脂肪细胞重要基因的表达,还可抑制脂肪生成,刺激脂肪分解,使FFA水平增高,而导致胰岛素抵抗。

(刘毅　张鲜英)

参考文献

[1] 戚可名,王阳.临床脂肪抽吸技术[M].郑州:郑州大学出版社,2003:30-59.

[2] 徐燕,孙秀玲,高音,等.脂联素与代谢综合征的研究进展[J].心血管病学进展,2008,29(3):478-481.

[3] Fukuhara A, Matsuda M, Nishizawa M, et al. Visfatin: a protein secreted by visceral fat that mimics the effects of insulin[J]. Science, 2005,307(5708):426-430.

[4] Kim M K, Lee J H, Kim H, et al. Crystal structure of visfatin /pre-B cell colony-enhancing factor 1 /nicotinamide phosphoribosyltransferase, free and in complex with the anti-cancer agent FK-866[J]. J Mol Biol, 2006, 362 (1):66-77.

[5] Frydelund-Larsen L, Akerstrom T, Nielsen S, et al. Visfatin mRNA expression in human subcutaneous adipose tissue is regulated by exercise[J]. Am J Physiol Endocrinol Metab,

2007, 292(1):24-31.

[6] Pagano C, Pilon C, Olivieri M, et al. Reduced plasma visfatin/pre-B cell colony-enhancing factor in obesity is not related to insulin resistance in humans[J]. J Clin Endocrinol Metab, 2006, 91(8):3165-3170.

[7] Haider D G, Schindler K, Schaller G, et al. Increased plasma visfatin concentrations in morbidly obese subjects are reduced after gastric banding[J]. J Clin Endocrinol Metab, 2006, 91(4):1578-1581.

[8] Dominik G H, Pleiner J, Francesconi M, et al. Exercise training lowers plasma visfatin concentrations in patients with type 1 diabetes[J]. J Clin Endocrinol Metab, 2006,91(11):4702-4704.

[9] Kralisch S, Sommer G, Deckert C M, et al. Adipokines in diabetes and cardiovascular diseases[J]. Minerva Endocrinol, 2007, 32(3):161-171.

[10] Ando H, Yanagihara H, Hayashi Y. Rhythmic messenger ribonucleic acid expression of clock genes and adipocytokines in mouse visceral adipose tissue[J]. Endocrinology, 2005, 146(12):5631-5636.

[11] Unno Y, Akuta T, Sakamoto Y, et al. Nitric oxide-induced downregulation of leptin production by 3T3-L1 adipocytes[J]. Nitric Oxide, 2006,15(2):125-132.

[12] Juan C C, Chang C L, Chuang T Y, et al. Insulin sensitivity and resistin expression in nitric oxide-deficient rats[J]. Diabetologia, 2006,49(12):3017-3026.

[13] Kershaw E E, Flier J S. Adipose tissue as an endocrine organ[J]. J Clin Endocrinol Metab,2004,89(6):2548-2556.

[14] 李福耀. 医学美容解剖学[M]. 北京:人民卫生出版社,1999.

[15] 王启华, 孙博. 临床解剖学丛书:四肢分册[M]. 北京:人民卫生出版社,1991.

[16] 张为龙, 钟世镇.临床解剖学丛书:头颈部分册[M]. 北京:人民卫生出版社, 1988.

[17] 刘正津, 陈尔瑜.临床解剖学丛书: 胸部和脊柱分册[M]. 北京:人民卫生出版社,1989.

[18] 韩永坚, 刘牧之.临床解剖学丛书:腹、盆部分册[M]. 北京:人民卫生出版社, 1992.

[19] 刘毅. 脂肪移植的基础与临床[M].北京:军事医学科学出版社,2009.

第二章 体型与形体雕塑外科技术

第一节 体型及分类

一、体型的定义

体型(body shape,somatotype)是对人体形状的总体描述和评定,是通过身体不同部位尺寸构成的指数或比例关系反映出的身体形状,是身体的外形特征与体格类型的总称。描述体型的指标不外乎身体的形态观察和人体测量特征两个方面,制定体型分类标准的基本要求是:既要使复杂的人体形状特征得到完善的、实质上的反映,又要能够把几乎所有的人包括进去。因此,选择符合这些要求的观察项目和测量项目就相当费事,有时不得不包括上百个这样的项目。此外,不同的研究者划分体型等级有不同的依据和尺度:有的使用身体的纵向比例,有的着眼于躯干与四肢的比例,有的注意各器官系统的发育情况及其相互比例,有的注重脂肪沉积与肌肉发育的状况。由于这两方面的原因,再加上实用性的原因,体型尽管已有半个多世纪的研究历史,但至今在全世界并不是应用得很普遍。

二、体型的分类

体型分类起始于约公元前400年的人体测量学家希波克拉底(Hippocrates)。1925年,克来资摩(Kretschmer)将体型分为三大类。20世纪50年代希尔顿(Sheldon)在芝加哥大学将400名学生加以分类,结果发现体型有重新分类的必要,于是发明以摄影法来将体型分类。其主要方法是将人体的正面、侧面以及背面照相,然后根据特征予以主观的判断。

Sheldon分类法按照人体结构的三种极端类型,将人类划分为三种,即内胚层体型或圆胖型、中胚层体型或肌肉型、外胚层体型或瘦长型。①内胚层体型(endomorphy)是由内胚层发育成的组织占优势的一种身体构造类型,全身各部较软而圆,消化器官肥大,脂肪沉积丰富,故躯干和大腿特大,而上肢和小腿特细。②中胚层体型(mesomorphy)是由中胚层发育成的组织占优势的一种身体构造类型。其肌肉、骨骼颇为发达,体格健壮、结实,有粗壮的外表。③外胚层体型(ectomorphy)是由外胚层发育成的组织占优势的一种身体构造类型。其体型细长,显得瘦弱,肌肉组织和皮下组织不发达。以上三种只是最极端的人体类型,没有人仅属于单一类型,每个人的身体形状都会或多或少涉及以上三种人体类型。

Sheldon体型分类法最主要的缺点是其为主观判断,后来学者欲做得正确,必须与他本人学习才有办法,否则结果会产生误差。第二个缺点是希尔顿认为人的体型是永久不变的,这项观念为多

数人所不能接受。其后出现的新方法希望能够以客观的方法测量体型，英国剑桥大学巴尔教授(Richard W. Parnell)设计了新的体型计算表，为著名的中四表(M.4 deviation chart)，提出根据年龄调整脂肪的评分量表。最新的体型测量法是由美国的希斯教授(Barbara H. Heath Roll)和新西兰籍教授卡特(J. E. Lindsay Carter)共同提出的希斯-卡特法(Heath-Carter method)。该方法针对以前方法的缺点以及认为体型会变的观念，设计出更客观的体型测量法，其法包括脂肪厚度测量、骨骼大小测量以及肌肉大小测量等。

希斯-卡特法获取测量数据的方法包括人体测量法、摄像测量法和两者的结合法，其中以人体测量法应用最为广泛和实用。人体测量设备包括测距仪、高度测量仪、体重仪、小滑动卡尺、卷尺和皮褶厚度卡尺。测量数据包括十个方面的内容：身高，体重，上臂部、肩胛部、髂部、小腿部四个部位的皮褶厚度，肱骨远端内、外上髁和股骨远端内、外上髁的宽度，上臂和小腿的围度。测量数据填入希斯-卡特评级表，分别进行内胚层、中胚层和外胚层体型的等级评定，并计算身高体重比例(height-weight ratio，HWR)等参数。为了弥补表格法评价的局限性，可以进一步采用公式法进行计算。最后通过计算机程序辅助计算各项参数进行体型的最终评定。

在20世纪50年代以前，一般认为体型是基因型，完全由遗传决定。虽然一个人的体格在不同的年龄和不同的状况下可能有所变化，但他的体型被认为是永远不变的。20世纪50年代以后，越来越多的学者认为体型是表现型，是可变的。以动态的观点研究体型使体型研究获得了新的活力。也就是说，体型的评定不仅可以发现两个人或两群人之间的差异，以及体型与人体某种功能之间的关系，而且可以研究同一个人在不同时期、不同条件下体型变化的方向(即在内、中、外胚层型中哪种因子占优势)和强度，这使得体型研究更加具有实用意义。

体型的研究者关于体型的概念往往是不同的。他们从各自关心的角度研究人的体型。比如，少年儿童工作者、医师、体育运动教练员会从各自特定的眼光看待体型，他们注重的体型往往是与某项功能有关的身体部分的类型。不拘泥于内、中、外胚层型的类型划分，将体型的研究引申到生物学上的人体功能类型，产生了人类生物学的一门新分支——功能生物类型学。如果适当地确定与人体某种功能有关的身体类型，系统地收集资料，又有适当的统计方法及对统计结果的具体分析，体型的研究——或推广地说——功能类型的研究对于特定的职业或其他需要出发的选择以及改善人的体型会有指导意义。

有学者根据体型特征及肌肉与脂肪积累多少将体型分为瘦长型、中间型及肥胖型，称为一般分类法(图2-1)。①肥胖型：骨骼粗壮，肌肉发达，皮下脂肪组织丰厚，故显得身体肥胖，体重较重；

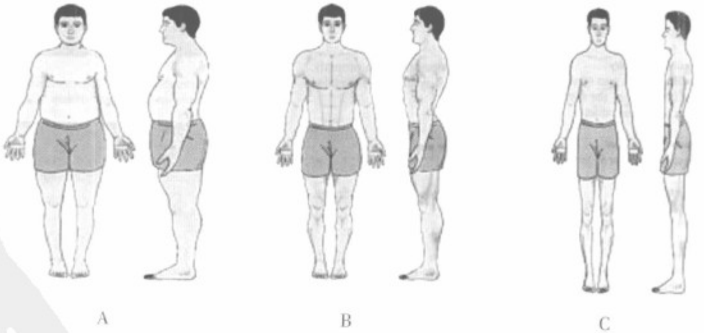


图2-1　体型一般分类法

A. 肥胖型　B. 中间型　C. 瘦长型

颈部粗短，肩宽，胸部短宽而深厚，胸围大，肋弓下角呈钝角；腹部长，四肢粗壮，头部宽大，面部宽阔。②中间型：骨骼粗细适中，肌肉发达，皮下脂肪适量，身体匀称，比例适当。③瘦长型：骨骼细长，肌肉不发达，皮下脂肪少，因而显得身体瘦长，体重较轻，颈部细长，肩围宽度小，面部瘦而窄，呈卵圆形，鼻尖细长。

三、女性体型的分类

在人类文化历史上，女性人体往往在审美、性感和生育能力等方面，获得更多的关注，女性群体也是接受脂肪抽吸术的主体人群。女性体型可以形象地大致分为四类：香蕉型、苹果型、梨型和沙漏型。①香蕉型：腰围与胸围和臀围的差距较小，身体整体细长如矩形直尺。②苹果型：肩部较宽，臀部略窄，身体形状趋于腿部细长而胸腹部所占比例略大，躯体被形象地比做一个倒置的三角形。③梨型：臀围大于胸围，往往腿部较粗，胸部较小，躯体被形象地比为正向三角形。④沙漏型：胸围与臀围大致相等，而腰围窄细，像两个顶角相对的三角形，如沙漏状(图 2-2)。

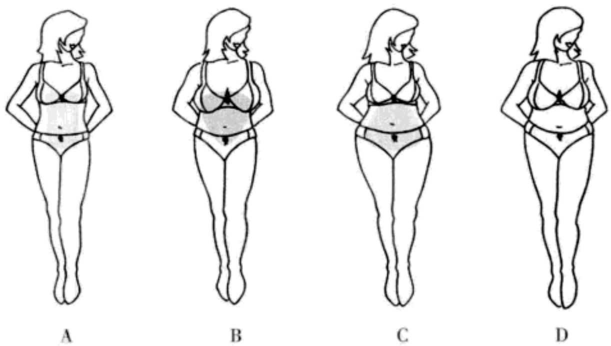


图 2-2　女性体型分类

A. 香蕉型　B. 苹果型　C. 梨子型　D. 沙漏型

2005 年，美国北卡罗来纳州立大学的一个研究小组进行了一项调查，接受调查的 6000 名女性中 46%为香蕉型体型，20%为梨型体型，14%为苹果型体型，8%为沙漏型体型。

四、影响体型的因素

美的体型除了健康之外，还应该高矮适度，身体各部分比例恰当，线条流畅，肌肉、脂肪适中。一个人的体型不是固定不变的，可以通过营养、运动进行调控，使不美的体型变成美的体型。影响体型的因素主要有以下几个方面：

（一）性别因素

男女性别差异在体型上表现得较为明显，概括起来性别对人的体型影响主要有：男性较女性身材高大，颈较粗，肩平而宽，髋窄于肩。女性颈较细，肩圆而窄，髋部较宽，臀围较大，臀部上翘。男性肌肉丰满，女性皮下脂肪多于男性，身体线条柔和。男性脂肪集中于腹部及髋部，女性脂肪除臀部外，还大量分布于乳房上部、腰部及背部，形成丰满的曲线美。

（二）年龄因素

人体的体型常常随年龄的增长而变化，尤其是头部与躯干、四肢的比例。在发育过程中头占身高的比例变小，下肢占全身的比例变大，胸部和肩宽在发育过程中变宽。人至中年时大多数人体重

增加，腰围变粗，体型变得臃肿，至老年后背部弯驼，身高变矮，肌肉萎缩，腰围可变细。

（三）遗传因素

遗传是决定体型的重要因素，特别对身高和体重影响最大。在荷兰和其他国家的一项大规模研究显示，肥胖者体型与遗传有关。他们发现了 13 个与人体脂肪分布相关的基因位点，能够影响人体脂肪是分布在胸、腹等部位使人体成为所谓的"苹果型"，还是分布在臀部、大腿等部位使人体成为所谓的"梨型"，其中 7 个基因位点还表现出明显的性别差异。但是不健康的生活方式依然是导致肥胖的非常重要的因素。

（四）营养因素

营养是保证机体生存的必要条件，人体的健康发育和各项活动需要有合理的营养膳食做保证。不仅人体基础能量代谢需要营养，而且机体的脂肪蓄积、肌肉发育与活动及各种功能的发挥都离不开能量的供应。营养直接影响人体体型的形成和变化，特别是在机体的发育阶段。

（五）锻炼因素

体型可以通过后天的锻炼而获得一定改善，可塑性最大的时期是青少年时期。经常参加体育锻炼，不仅影响身高的发育，而且还可以影响肌肉的形态与功能，以及脂肪的分布，使身体更健美。进入成年期以后，虽然骨骼生长基本停止，身高改变较小，但仍可通过锻炼调整肌肉和脂肪的比例关系，通过对肌肉和脂肪的控制，减轻体重，从而塑造健美的体型。

（六）地域因素

人体体型特征还受到地域因素的影响，这与出生、生长地区的气候以及饮食习惯等因素有关。中国人常以长江为界分为南、北两大地区类型，北方类型的人身材往往较高大，呈典型的"北方大汉"体型，南方类型的人往往显得身材矮小一些。据人类考古学家考证，北方类型是由周口店山顶洞人为代表的北部晚期智人发展而来的；南方类型则由以广西柳州人为代表的南部晚期智人发展而来。

五、肥胖对体型的影响

脂肪与骨骼、肌肉是构成体型的主要因素，适量的皮下脂肪及均匀合理的部位分布是体型美的基础。但是肥胖人体中过多的全身脂肪和局部沉积会导致体型的美感被破坏。全身严重肥胖会形成典型的肥胖体型，外形臃肿，是多数现代人认为的不美体型。面部脂肪堆积会形成满月脸，颏部脂肪过多形成双下巴，颈部脂肪堆积显得颈部短粗，胸部脂肪堆积会导致女性巨乳症。男性腹部脂肪堆积可形成将军肚，严重影响健美的身体曲线。腹壁脂肪堆积并有皮肤松垂者，可形成围裙腹，不仅影响美观，而且由于折叠下垂的皮肤使汗液不易蒸发，在热天易患湿疹、皮炎。臀部脂肪堆积过多，使臀部过于丰腴，破坏应有的美感，呈大提琴样外观；而臀部脂肪下垂还会使臀股界限不分明，大腿后侧变短。大腿外侧脂肪局部异常堆积会造成马裤腿样外观。小腿脂肪沉积使小腿外观过粗、臃肿，影响女性着装。

第二节 人体形体美学相关知识

一、人体形体美的定义

人体形体美是指人体各部位形态比例关系和谐，符合美学规律，整体给人以优美、愉悦的感觉。形体美首先是以健康为基础，没有健康的病态美不属于真正的形体美，健康的形体美才是有活力的美，而且人体各部位的比例必须均匀、对称，各部位外形和整体均符合美学中形式美的原理，给人以和谐、统一的美感。

二、形体美的标准

人类形体美学都必须遵循对称、均衡、和谐、主次、节奏、完整、多样统一以及黄金分割等人体形体美的基本规律。形体美的审美标准处于变化之中，形体美除了男女有别、长幼不同外，还受社会、民族、地域、传统习惯等影响，即使在同一时代，画家、生物学家、社会学家、雕塑学家、美学家、体育家的形体美观也不相同。普列汉诺夫说："绝对美的标准是不存在的，并且也不可能存在。"

男性形体美的标准为：骨骼发育正常，关节不粗大突起；肌肉发达，皮下脂肪薄；五官端正，与头面部配合协调；双肩对称宽阔，三角肌发达；胸部肌肉轮廓明显；腰部扁平；腹部平坦，肌肉轮廓及腱划隐约可见，躯体呈倒三角形；呈现出男性充满力度的体态。

女性形体美的标准为：骨骼发育正常，关节不粗大突起；肌肉匀称，皮下脂肪适量；五官端正，与头面部配合协调；双肩对称、曲线圆润；乳房丰满而不下垂，仰视曲线明显；腰部细圆，微呈圆柱状，腹部扁平；呈现出女性玲珑浮凸、袅袅婷婷的体态。

三、人体各部位形体美学特点

（一）面部

五官端正，五官分布的比例关系符合美学规律，即额发际至眉弓、眉弓至鼻基底、鼻基底至颏下点这三段的距离相等，并且都等于一个鼻子的长度，从正面看两侧发际之间的距离恰好等于五个眼睛的长度，也就是人们常说的"三庭五眼"。头部的高（颅顶点至颏下点）与面宽（两颧点间宽）的比例和椭圆形脸面宽与两下颌角间宽的比例接近 1.618:1 时，被认为符合女性脸形的美学规律。

（二）颈部

颈部形态有粗短、适中、细长等类型。颈部美学标准应为略微细长，与下颌及胸部连成优美的曲线，屈颈时无双下巴。舌骨的位置对颈部形态影响较大，位置过低，颏颈角呈钝角甚至呈一直线，颏部外凸不明显，颈部外观短粗；位置过高则颏颈角接近 90 度，颈部过于细长，颏颈曲线不优美。

（三）胸部

中国女性的胸廓与白种人比较相对较小，但乔群等测量两者的乳房体积并无明显差异。乳房的形态及体积是女性形体美的重要指标。年龄不是引起乳房形态改变的主要因素，而哺乳与乳房的下垂及乳头下移有一定关系。正常女性应具有体积适中、挺拔健美的乳房，体积过小将失去女性独特的性美学特征，体积过大或下垂则影响女性曲线，甚至造成功能障碍。男性健美的胸部应为肌肉发达，由上至下逐渐变窄，躯体上部呈倒三角形。

PDG

（四）腹部

现代女性多数喜欢消瘦而平坦的腹部，但对成熟男性并不一定适合。有美感的腹部标准，正面观肚脐两边应有两个对称的凹陷，与肚脐凹陷共同将腹部分成上下两个部分；侧面观，腹部应与乳房的前突部分和臀部的后突部分对称，腰线将它们分开。平坦的腹部固然令人满意，但精致的凸面体更能令人神往。上腹部从剑突至肚脐眼形成一个凸面体，下腹部从肚脐眼至阴毛上缘处形成一个略大的凸面体，它的下缘从耻骨阴毛上缘到两侧髂前上棘处，并略向上弯曲。

（五）腰部

解剖学的腰部范围是在第一至第五腰椎范围，形体美学上的腰部是指肋弓最低点至髂后上棘之间的狭小区域，腰椎前凸与骶椎后凸构成 S 形曲线。腰围是反映腰腹部形态的重要指标，腰围与臀围及胸围的比例常常用做评价女性体型的美学指数标准。

（六）臀部

女性臀部的美学标准是丰润圆翘、球形上收。健美的臀部应该是中等偏大，圆滑、丰泽、富有弹性而且上翘，曲线柔和流畅，皮下无过多的脂肪。当站立时，由于覆盖在骶部的肌肉比其他部分薄而紧，会形成菱形窝，年轻而丰满的女性，菱形窝就大而深，就像面颊的笑靥一样美丽动人。

（七）上肢

上臂粗细适中，外展时无皮肤软组织松弛下垂。女性肩关节曲线圆润，手指修长，外形圆润流畅，皮肤细腻白嫩，指甲红润光洁，关节活动灵巧。

（八）下肢

女性下肢应为修长圆润挺直，无膝内翻或膝外翻；大腿线条流畅柔和，皮肤富有弹性，宽度等于面宽；膝部轮廓清晰，皮下脂肪应适中；小腿圆滑纤细，长度为大腿长度的 3/4，上部细于中部，下部明显细于中部，中部肌腹呈短弧形；踝部跟腱两侧皮下脂肪应较薄，轮廓清晰。男性下肢皮下脂肪较少，健壮挺直，小腿肌肉饱满，隐约可见肌肉的轮廓。

第三节 形体雕塑外科技术

一、概述

形体雕塑的外科技术是整形美容外科迅速发展的一个领域，直接原因是全球性人体肥胖的发生率不断增高。2005 年美国疾病控制与预防中心估计，大约 64%的美国成年人体重达到超重或肥胖水平，其中大于 30%的人为肥胖，5%的人身体质量指数（body mass index，BMI）大于 40，为病理性肥胖。19 岁以下青年的肥胖发生率是 15 年前的 3 倍，超重比例也大幅度升高。包括中国在内的发展中国家肥胖人数也在不断增加，国际肥胖调查组估计全球大约有 10 亿人超重，3 亿人达到肥胖标准。

节食、调整生活方式以及医疗干预等措施对控制肥胖发生率的增长并未见显著效果。人们试图用外科手术进行减肥，许多手术方法相继出现。空肠回肠旁路术是较早的术式，但是其并发症发生率高达 58%，据报道有 23%的患者有发生肝纤维化和肝功能衰竭的可能。之后垂直遮断胃成形术（vertical banded gastroplasty，VBG）、胃旁路术（gastric bypass）以及内镜辅助下的胃旁路术相继出现，据美国肥胖外科医师学会估计 2005 年有约 15 万人接受此类手术。

与减肥外科手术同期发展的另一类手术是通过外科方式改善肥胖者的体型，即形体雕塑外科技术。早在1899年Kelly就进行了腹部脂膜切除术(panniculectomy)的探索，切除标本重达7450g。Babcock(1916年)报道了纵形切口腹部皮肤脂肪切除术(dermolipectomy)，Thorek(1924年)完成保留脐部的腹壁整形术(abdominoplasty)，Callia(1967年)提出腹壁腱膜缝合加固是腹壁整形的重要内容，并设计出较隐蔽的腹股沟下切口。Regnault (1970年)改良下腹部切口为W形切口，Grazer(1973年)提出至今沿用的比基尼线切口(bikini line incision)。随着腹壁整形术的不断完善，大腿、臀部、上臂的松垂皮肤整形术以及胸部乳房松弛下垂的整形手术也不断改进，成为形体雕塑外科开放性手术的重要部分。

形体雕塑外科发展的另一重要部分是脂肪抽吸术。早在1921年，法国医师Dujarrier就尝试用子宫刮匙为一名舞蹈演员去除腿部的多余皮下脂肪，不幸的是术中操作造成的大血管损伤导致手术完全失败。Aprad和Giorgio Fischer(1976年)设计了连接负压设备的中空吸管，并进行皮下脂肪的交叉抽吸，当时被称为抽吸皮下脂肪切除术(suction lipectomy)。最初的吸脂操作没有在皮下组织内注射肿胀液的过程，出血较多，后人称之为干性吸脂技术。之后Illouz提出脂肪抽吸术前在皮下脂肪内注射低渗生理盐水和玻璃酸酶以使吸脂容易操作和减少手术创伤，称为湿性吸脂技术。Klein(1987年)提出应用至今的肿胀麻醉技术，使脂肪抽吸术可以在局部麻醉下进行，大大降低手术出血量，增加了手术的安全性，使脂肪抽吸术成为目前最为普遍的美容手术之一。

二、脂肪抽吸术与形体雕塑

脂肪抽吸术可以安全有效地将人体一定数量的多余脂肪组织吸出体外，不仅具有减肥的功能，更重要的作用是修正体型的缺陷，达到形体雕塑的目的。随着脂肪抽吸设备与技术的发展，能接受脂肪抽吸的部位几乎遍及全身各个部位。第四军医大学唐都医院整形外科的统计资料显示，在3139例脂肪抽吸术患者中，各吸脂部位所占比例分别为腰腹部70%、上臂13.6%、大腿6.2%、小腿5.1%、其他部位5.1%。

腰腹部是人体最容易沉积脂肪的部位，也是女性皮下脂肪堆积最多的部位。有些女性的腰腹部肥胖可以与全身肥胖成比例，也有些女性四肢比较纤细，只有腰腹部脂肪比较多，导致身体体围的比例失调，缺乏腰部优美的曲线，严重影响了她们的形体美。通过吸出上、下腹部和两侧腰部的多余皮下脂肪组织，不仅能使前凸的腹部恢复平整，而且能使腰围变细如初，重塑窈窕诱人的腰身。

大腿脂肪沉积过多使双腿直径变粗，与纤纤细腿的审美标准不符。有些女性大腿整体并不粗，但是大腿外侧局部脂肪堆积成包状向外侧凸出，引起腿部外形的改变。对于爱美女性来说，不仅仅是因为难以买到合适的裤子才来要求进行腿部吸脂塑形，更重要的是形体美遭到破坏。

皮下脂肪组织沉积过多造成的上臂与小腿过粗是困扰女性的形体缺陷问题之一，尤其是在穿短袖和裙子的季节。通过适度均匀的脂肪抽吸，可以在一定程度上缩小上臂和小腿的直径。对于源于肌肉增生发育造成的上臂和小腿增粗，通过单纯脂肪抽吸是无法解决的。

男性乳腺发育患者尤其是伴有严重肥胖者，过度发育的乳房使患者表现出女性化征象，对患者的外形和心理影响都比较大。如果得不到有效治疗，有些患者会产生严重的心理障碍，如社交恐惧症等。以往的外科切除法具有手术切口比较大、瘢痕明显等缺点，通过微小切口脂肪抽吸的方法去除过度发育的乳腺组织具有更好的外形矫正效果，术后只有微小的可以基本忽略的瘢痕。部分年轻女性巨乳症患者，乳房皮下脂肪较多，也可以通过脂肪抽吸的方法得到改善，但多数患者需要进行乳房缩小整形术治疗。

全身性肥胖者可以通过多部位的脂肪抽吸进行体型重塑。为了保证手术的安全性，宜采用有

计划的多部位分次手术的策略。建议首先进行腰腹部的脂肪抽吸，之后是双侧大腿，因为这两个部位范围较大，沉积脂肪也比较多。然后可以对上臂和后背同时进行脂肪抽吸，两个部位吸脂操作可以共用一个腋窝后皱襞切口。以后根据需要可以对其他部位，如小腿、颏颈部等部位进行抽吸。为了维持全身吸脂后的长期效果，患者需要注意保持良好的饮食习惯和生活方式，必要时可以短期内配合使用减肥药物。

三、脂肪移植术与形体雕塑

自体脂肪取材容易，来源丰富，无排异反应，是良好的组织填充材料，因此自体脂肪移植术可以用于局部的形体雕塑。自体脂肪组织游离移植已有 100 多年的历史，Vander Meulen 在 1889 年首先将脂肪组织游离移植应用于临床。1893 年，Neuber 在采用大块脂肪组织移植失败的基础上，改良为采用多个小块脂肪组织移植修复软组织缺损畸形获得成功。1895 年，Czerny 报道采用切除的脂肪瘤组织移植进行乳房整形获得成功。1909 年，Lexer 采用腹部脂肪组织块移植治疗眶下区凹陷与半侧颜面萎缩等，效果满意。至 20 世纪 30 年代，脂肪移植被广泛地应用于体表软组织凹陷、半侧颜面萎缩、小乳症等疾病的治疗。20 世纪 80 年代，脂肪抽吸技术的出现和发展使自体脂肪组织移植由块状移植发展为颗粒状注射移植。1986 年，Ellen Bergen 采用颗粒脂肪组织移植治疗痤疮、外伤后组织缺损、鼻唇沟过深、眼眶凹陷、面部萎缩等小面积畸形，获得良好的临床治疗效果。但在临床应用中，颗粒脂肪注射移植后因液化、坏死、感染等原因失败者也时有发生。因此，在选择颗粒脂肪组织移植进行整复治疗时，每次移植的数量、间隔时间、移植方法、注射层次等均应审慎考虑，以确保手术的成功。前脂肪细胞理论、脂肪组织工程和干细胞的提出为脂肪移植提出了新的研究方向，众多学者正在进行前脂肪细胞、组织工程和干细胞的基础及临床研究，以期获得突破性的进展。

四、皮肤软组织松垂的整形术与形体雕塑

人体生理和病理性的原因可以导致皮肤软组织的松垂，常表现在面颈部、乳房、腹部、上臂、臀部等部位，对人体体型变化和形体美观具有较大影响。通过整形外科手段切除多余的皮肤与皮下脂肪组织，进行皮肤和软组织的提升，甚至对深部肌肉筋膜组织的固定等处理，对人体外形的改善和美化具有重要意义。

面颈部皮肤软组织的严重松垂，可以导致颏颈角轮廓模糊或消失，多发生于白种人的老龄人群，使患者看起来比实际年龄更加苍老。通过面颈部的提升术，切除多余的皮肤脂肪松垂组织且收紧颈阔肌，可以基本恢复面颈部颏颈角的鲜明轮廓外观，使患者看起来更加年轻。

上臂后侧的皮肤松弛下垂对中老年女性影响较大，往往使患者在公共场所因为美观因素而畏惧穿短袖服装，严重者即使穿长袖衬衣也难以掩盖上臂的不良外观。通过上臂皮肤切除整形术能够去除多余的松弛皮肤，明显改善上臂后侧下垂的外观。

女性乳房下垂的原因是乳房腺体萎缩和皮肤松弛，造成外形缺乏原有的挺拔感。乳房下垂不仅影响胸部外形，而且下垂导致的皮肤接触在炎热季节容易造成皮肤湿疹。采用乳房下垂悬吊整形术，可以通过切除多余松弛皮肤、悬吊固定下垂的腺体等措施重塑乳房的挺拔形态。

腹部皮肤软组织下垂多发生于减肥之后的腹部严重肥胖者，也可发生于多次妊娠的女性，对女性体型美影响比较大，因此腹壁整形术已成为西方国家比较多见的美容手术之一。在我国及其他一些亚洲国家，由于许多患者担心腹部会遗留较长的切口瘢痕，接受腹壁整形手术的患者相对较少。腹壁整形术的方法较多，可以根据腹壁松弛的严重程度和类型进行选择，可以与腹部脂肪抽

PDG

吸术联合进行，术中对腹壁肌肉的加固和缩紧对有些患者术后的体型改善有较大帮助。

对于背部、臀部和大腿出现的皮肤松弛和软组织下垂，国外也有相应的手术方式报道，通过对多余的松弛皮肤及皮下脂肪组织的切除，对改善形体也有很好的效果。

（李跃军）

参考文献

[1] Saranga S P, Prista A, Nhantumbo L, et al. Heritabilities of somatotype components in a population from rural Mozambique [J]. Am J Hum Biol, 2008, 20(6): 642-646.

[2] Reis V M, Machado J V, Fortes M S, et al. Evidence for higher heritability of somatotype compared to body mass index in female twins[J]. J Physiol Anthropol, 2007, 26(1): 9-14.

[3] Rebato E, Jelenkovic A, Salces I. Heritability of the somatotype components in Biscay families[J]. Homo, 2007, 58(3): 199-210.

[4] Peeters M W, Thomis M A, Loos R J, et al. Heritability of somatotype components: a multivariate analysis[J]. Int J Obes, 2007, 31(8): 1295-1301.

[5] Sterkowicz-Przybycień K. Body composition and somatotype of the elite of Polish fencers[J]. Coll Antropol, 2009, 33(3): 765-772.

[6] Malousaris G G, Bergeles N K, Barzouka K G, et al. Somatotype, size and body composition of competitive female volleyball players[J]. J Sci Med Sport, 2008, 11(3): 337-344.

[7] Kalichman L, Kobyliansky E. Sex-and age-related variations of the somatotype in a Chuvasha population[J]. Homo, 2006, 57(2): 151-162.

[8] 吴巧英，袁观洛. 中老年女性与青年女性体型比较研究[J]. 东华大学学报：自然科学版，2004，30(1)：66-70.

[9] 高翠青，张勤丽. 1956-2005年太原市中小学生生长趋势分析[J]. 中国公共卫生，2007，23(7)：882-883.

[10] 骆勇，肖玉新. 健美锻炼对大学男生体型的影响[J]. 廊坊师范学院学报：自然科学版，2009，9(5)：104-106.

[11] 刘运娟，陈东生，甘应进，等. 我国南北地区女子体型与肥胖程度比较分析[J]. 江南大学学报：自然科学版，2009，8(5)：591-595.

[12] 甘应进，陈东生，刘运娟. 中韩女青年体型特征与体脂肪率对比分析[J]. 纺织学报，2007，28(3)：88-91.

[13] 刘建. 形体美的基本标准[J]. 人像摄影，2009，1(1)：70-71.

[14] Coetzee V, Re D, Perrett D I, et al. Judging the health and attractiveness of female faces: is the most attractive level of facial adiposity also considered the healthiest? [J]. Body Image, 2011, 8(2): 190-193.

[15] 杨春俊，鸡盛秀. 容貌的美学要素[J]. 中华医学美学美容杂志，2006，12(1)：41-42.

[16] Gründl M, Eisenmann-Klein M, Prantl L. Quantifying female bodily attractiveness by a statistical analysis of body measurements [J]. Plast Reconstr Surg, 2009, 123(3): 1064-1071.

[17] Schützwohl A. Judging female figures: a new methodological approach to male attractiveness judgments of female waist-to-hip ratio[J]. Biol Psychol, 2006,71(2):223-229.

[18] Ogden C L, Carroll M D, Curtin L R, et al. Prevalence of overweight and obesity in the United States, 1999-2004[J]. JAMA, 2006,295(13):1549-1555.

[19] Do D V, Kelley L C. Tumescent anesthesia: evolution and current uses[J]. Adv Dermatol, 2007,23:33-46.

[20] Zhu M, Zhou Z, Chen Y, et al. Supplementation of fat grafts with adipose-derived regenerative cells improves long-term graft retention [J].Ann Plast Surg, 2010,64(2):222-228.

第三章

形体雕塑的麻醉

形体雕塑手术和其他大多数美容手术一样可在局部麻醉下完成。但是，随着经济、社会的发展和人们生活水平的提高，接受各种美容手术的受术者除了对美容手术本身提出了更高的要求外，还对实施局部麻醉时以及手术操作过程中所遭受的疼痛与不适提出了更高的要求。所以，许多过去都在局部麻醉下进行的形体雕塑手术，包括各部位的脂肪抽吸术、形体成形术、脂肪移植术等，都选择在椎管内麻醉(包括硬膜外阻滞麻醉与蛛网膜下腔阻滞麻醉)或全身麻醉下实施。

第一节 概 述

一、麻醉方法的分类

麻醉一词的含义源自 anesthesia，即失去知觉或感觉，主要是使接受手术者失去痛觉，以便确保各种手术操作的顺利进行。麻醉方法通常分两大类：全身麻醉和局部麻醉。局部麻醉又分为七种：①表面麻醉；②局部浸润麻醉；③区域阻滞麻醉；④神经干与神经丛阻滞麻醉；⑤蛛网膜下腔阻滞麻醉；⑥硬膜外阻滞麻醉；⑦静脉局部麻醉。蛛网膜下腔阻滞麻醉和硬膜外阻滞麻醉又合称椎管内麻醉。据文献报道，在我国一般综合性教学医院的麻醉方法中，全身麻醉占 70%，局部麻醉占 30%。

二、形体雕塑麻醉的特点

1 受术者均为健康人群，且以中青年为主，但是因为存在年龄和体质的差异，故也存在对麻醉耐受能力的差异。因此，在麻醉药物和辅助药物的选择、用药剂量、用药途径等方面应当慎重，严格操作，密切观察，预防各种并发症的发生。

2 形体雕塑手术的受术者存在既爱美、追求美，又因惧怕疼痛等因素而精神紧张的状况，并因此提出全身麻醉的要求，使得一般情况下可以在局部麻醉下完成的手术，因为要满足受术者的要求而改为全身麻醉下完成。所以，此类手术麻醉有时具有被动的特点。

3 形体雕塑的手术部位遍及全身，在确定手术种类、手术方式、手术范围时应充分考虑到麻醉问题，反之，在确定安全麻醉方式时，应当考虑到确保手术顺利进行。

4 形体雕塑手术均为择期手术，因此，麻醉及手术前医师有充足的时间与受术者沟通，了解他(她)们的精神与心理状态、体格状况、社会背景、教育背景、审美水平、对麻醉和手术的认识与理解程度等。

5 局部麻醉下实施形体雕塑手术，受术者神志清楚。由于该类手术是为健康人塑造美丽的手

术，受术者或多或少对手术效果有一定的期望。所以，手术中切忌大声喧哗，讨论与手术无关的话题，在遇到出血等情况时不应惊叫、忙乱。此外，麻醉、手术过程中应当保持手术室安静，最好能播放一些旋律优美的背景音乐，缓解受术者的紧张情绪，并结合手术情况适当给予镇静药物。

三、形体雕塑麻醉前的准备

（一）受术者手术前的访视与评估

美容手术均为择期手术，接受美容手术的受术者一般均为健康人，为确保麻醉、手术的绝对安全，无论实施什么类型的美容手术，选择什么样的麻醉方法，麻醉、手术前麻醉或手术医师必须访视受术者，了解既往的麻醉史、手术史、用药情况以及过敏史，并通过访视与交谈，参照美国麻醉医师协会（ASA）制讨的机体耐受麻醉、手术能力的分类标准（表 3-1）对受术者进行评估。一般美容手术适应证为第一、二两类，这样才能确保麻醉、手术的安全。

表 3-1　美国麻醉医师协会病情估计分类

分类	标准
第一类	正常健康
第二类	有轻度系统性疾病，功能完全代偿
第三类	有严重系统性疾病，日常活动受限，但尚未丧失工作能力
第四类	有严重系统性疾病，已丧失工作能力，且常面临生命危险
第五类	不论手术与否，生命难以维持 24 小时的濒死患者

（二）麻醉前准备

1 受术者的准备　受术者的准备一般包括精神和体格两个方面。

受术者精神方面的准备应着重于手术前与受术者的沟通和交流，了解受术者对将要进行的美容手术的认识与理解状况，以消除受术者的思想顾虑与紧张情绪，增强受术者对手术与麻醉医师的信任。这样有助于增强受术者对手术与麻醉的耐受力，也有助于选择有针对性的麻醉方法。

与接受其他手术以解除病痛的患者不同，美容手术为“锦上添花”的手术，要求美容手术的受术者一般多为健康人，但也存在体质差别，手术之前了解受术者的体质状况有助于手术或麻醉中麻醉药品与辅助药品的准确应用。

2 麻醉物品准备

（1）局部麻醉：①根据手术需要配备各种型号的注射器；②准备常用局部麻醉药物，包括 0.5%～1.0%普鲁卡因、2.0%利多卡因、0.75%布比卡因等；③准备局部麻醉辅助药物，包括 5%碳酸氢钠、盐酸肾上腺素等；④准备用于配制局麻药物的生理盐水。若采用大范围肿胀麻醉，尚需准备肿胀麻醉机。

（2）椎管内麻醉：①准备硬膜外阻滞麻醉 / 蛛网膜下腔阻滞麻醉包；②准备导尿包（必要时）；③准备生命体征监测仪，包括心电图、脉搏、呼吸、血压及氧饱和度等指标；④准备常用麻醉药物，包括硬膜外阻滞麻醉（0.25%～0.3%丁卡因、1.0%～2.0%利多卡因、0.5%～0.75%布比卡因等）、蛛网膜下腔阻滞麻醉（5.0%～6.0%普鲁卡因、5.0%利多卡因、0.5%～1.0%丁卡因、0.5%～0.75%布比卡因等）；⑤准备用于配制麻醉药物的 10%葡萄糖溶液、盐酸肾上腺素等。

（3）全身麻醉：①准备氧源、具有呼吸机功能的麻醉机（可行通气参数监测）以及气管套管、喉

镜等气管插管装备;②准备生命体征监测仪,包括心电图、脉搏、呼吸、血压及氧饱和度等指标;③准备辅助设备,包括除颤仪、CO_2监测仪、微量输注泵、肌松监测仪、全麻深度监测仪等;④准备常用麻醉药物,包括麻醉诱导药(硫喷妥钠、美索比妥、依托咪酯、氯胺酮、咪达唑仑等)、镇痛药(阿芬太尼、芬太尼、舒芬太尼、吗啡、哌替啶等)、吸入麻醉药(地氟烷、七氟烷、异氟烷、恩氟烷、氟烷、氧化亚氮等)、肌松药(维库溴铵、罗库溴铵、阿曲库铵、米库氯铵等)以及急救药品。

(三)麻醉前用药

麻醉前用药应根据手术前对受术者的准备以及麻醉方法,确定用药的种类、剂量、给药途径和时间。

1 局部麻醉　一般情况下,在进行局部麻醉前不用任何辅助药品。但是,若手术范围较大、时间较长者,在麻醉前30分钟肌内注射苯巴比妥钠100mg,有预防局麻药物中毒的作用。同时,给予肌内注射哌替啶50~100mg加异丙嗪25~50mg,能增强局部麻醉效果。

2 椎管内麻醉　麻醉前2小时口服地西泮10mg或异戊巴比妥0.1~0.2g;阻滞范围比较广者,还应肌内注射阿托品0.5mg。

3 全身麻醉　麻醉前30分钟肌内注射哌替啶50mg加阿托品0.5mg或东莨菪碱0.3mg。

四、麻醉方法的选择

对于手术部位与范围比较局限,受术者对所实施的美容手术能够理解,没有顾虑,也没有额外要求者仍然以局部麻醉为首选。尤其是包括各种形体雕塑手术在内的美容手术绝大多数属门诊手术,在门诊手术室完成,术后存在能否及时、安全离院的问题,因此,一般情况下更应以局部麻醉为首选。

对于位于上肢、下肢以及躯干部位的手术,范围比较广,手术时间比较长,或受术者有麻醉要求时可以选择硬膜外阻滞麻醉。

对于位于下腹部与下肢部位的手术,如下腹部、臀部、大腿、小腿抽脂术,也可以选择蛛网膜下腔阻滞麻醉。

若受术者对所实施的美容手术既渴望,但又因恐惧疼痛而精神紧张,或受术者对采用局部麻醉不合作,或受术者有麻醉要求时均可以选择全身麻醉。此外,对局部麻醉药物过敏者也应选择全身麻醉。

第二节　局部麻醉

一、局部麻醉的方法

局部麻醉因为具有操作简单,管理方便,对机体影响小,无需特殊器械以及术后恢复快等特点而成为临床麻醉中的主要麻醉方法之一。在整形美容外科,由于一般的整形手术和绝大多数美容手术都在门诊完成,因此,局部麻醉就理所当然地成为最常用的麻醉方法。就各种形体雕塑手术而言,常用的局部麻醉方法为:局部浸润麻醉、神经干与神经丛阻滞麻醉和硬膜外阻滞麻醉;其他的局部麻醉方法一般很少选用。

（一）局部浸润麻醉

局部浸润麻醉是在手术切口及其手术范围局部直接注射局部麻醉药物的方法。美容手术多选用2.0%利多卡因（5ml/支），结合手术部位和类型配制不同浓度的局部麻醉药物，而且，为了延缓利多卡因的吸收速度，延长其发挥麻醉效能的时间，配制时常常加入1:500000～1:200000盐酸肾上腺素，或与0.75%布比卡因联合配制局部麻醉药物，笔者单位常用的配制方法见表3-2。

表3-2　常用美容手术局部麻醉药配方

名称	用量
2.0%利多卡因	10ml
0.75%布比卡因	10ml
盐酸肾上腺素	5～8滴
生理盐水	60ml

此外，因脂肪抽吸塑形应运而生的肿胀麻醉是一种特殊类型的局部浸润麻醉，配制肿胀麻醉液的配方各家不一，但其主要成分除前述的利多卡因与肾上腺素外，还有碳酸氢钠，详细内容在本章第五节专门介绍。

局部浸润麻醉操作时强调一针技术，以便尽量减轻受术者的痛苦。具体做法是先用4号半细针头在手术切口的一端或手术野边缘的一点进针，形成一个呈橘皮样的皮丘，以此皮丘为起点，麻醉针自此进针，一边推进一边注射局部麻醉药物，使得局麻药液在针尖前方组织内呈张力性浸润，形成连续橘皮样浸润带或面，然后再同法逐层浸润整个切口或术区。也可以采用浸润一层，切开一层的方式。不管采用哪一种浸润方法，在注射局部麻醉药物时应当随时回抽，防止将之直接注射进入血管内造成中毒。

（二）神经干与神经丛阻滞麻醉

神经干与神经丛阻滞包括臂神经丛阻滞、腰神经丛阻滞、股神经和股外侧皮神经阻滞、坐骨神经阻滞、颈神经丛阻滞、肋间神经阻滞和颈胸神经节阻滞等，但是在形体雕塑美容手术中，偶尔会选择臂神经丛阻滞麻醉以实施上臂手术。此时，一般选择肌间沟法进行臂神经丛阻滞麻醉。若两侧均需要进行手术，为麻醉安全起见，两侧麻醉时间最好间隔30～40分钟。

（三）硬膜外阻滞麻醉

硬膜外阻滞麻醉与蛛网膜下腔阻滞麻醉同属于椎管内麻醉；但是硬膜外阻滞麻醉手术适应范围广，对循环和呼吸的影响小于蛛网膜下腔阻滞麻醉，麻醉管理和术后护理简便，术后并发症少。其缺点为：操作比较复杂；麻醉诱导时间较长；麻醉作用有时不够完善；麻醉药物用量较蛛网膜下腔阻滞麻醉大好几倍，从而容易导致全身性毒性反应；掌握不当可发生全脊髓麻醉等严重并发症。

由于硬膜外阻滞麻醉适用于自颈部至足趾的手术，所以，在实施形体雕塑美容手术时，应当根据手术要求、受术者情况、麻醉医师的技术水平与设备条件慎重选择。

二、局部麻醉的一般原则

（一）术前准备和术中辅助药物的应用原则

1　术前准备原则　局部麻醉下施术，受术者神志清楚，术前应向受术者介绍局部麻醉的有关情况，并向受术者保证手术不痛，以便消除其顾虑与恐惧、紧张的心理。对精神紧张的受术者术前可以给予苯巴比妥钠0.1g，这样不仅能使其安静进入手术室，而且还可以减轻局部麻醉药物可能

引起的中枢神经毒性反应。若手术范围大，如实施多个部位抽脂手术，在此基础上还可以肌内注射吗啡 10mg，或哌替啶 50～100mg＋异丙嗪 25～50mg。

2 术中辅助药物的应用原则 美容手术中是否应用辅助药物，应该怎么用，应当根据手术种类、手术范围、手术进行过程中临时出现的情况等综合考虑。一旦决定应用应该及时，关键是剂量应适当，不宜过大，以免使受术者处于昏睡状态影响手术正常进行。如局部麻醉效果完全，但受术者却因精神紧张不配合手术，此时宜酌情予以咪达唑仑；若麻醉效果不完善，在重复麻醉的同时可给予少量镇痛药物。

（二）局部麻醉的操作原则

1 确保所使用的物品无菌、齐全，能够正常使用。

2 使受术者处于舒适体位。

3 根据手术要求和局部麻醉方法选择最合适的麻醉药物。

4 熟悉体表解剖标志和局部解剖学，选择正确的穿刺点，提倡一点注射法。

5 操作时要求稳、准、轻、缓。

6 注射麻醉药物前必须回抽，确定无血、无气、无液时再分次缓慢注射。

7 术前测试麻醉效果，达到预期效果时方可开始手术。

（三）并发症防治原则

一般来说，导致局部麻醉并发症的因素包括：①术前受术者与所用物品准备不足；②麻醉、手术医师技术水平较低；③对局部麻醉药物了解不全面，使用错误；④受术者解剖结构异常。由此而导致的常见并发症有：局部麻醉药物本身引起的毒性反应、过敏反应等不良反应，以及气胸、刺破动静脉、误入蛛网膜下腔、神经损伤、头痛与背痛和低血压、心动过缓等。所以，在实施形体雕塑的麻醉、手术前，应当根据前述常见的导致并发症的因素，认真准备，精心操作，预防并发症，确保麻醉安全。

三、常用的局部麻醉药品

常用的局部麻醉药品见表 3-3。

表 3-3 常用的局部麻醉药品

名称	pKa	时效		特点	用途	最大剂量
普鲁卡因	8.9	1 小时	酯类	对黏膜穿透性弱 不用于表面麻醉 毒性小	局部浸润 蛛网膜下腔阻滞	1000 mg
丁卡因	8.5	3～4 小时	酯类	起效快，作用强 对黏膜穿透性强 毒性大	表面麻醉、局部浸润 椎管内麻醉	100 mg
利多卡因	7.9	2 小时	酰胺类	穿透力强，起效快	表面麻醉、局部浸润 神经阻滞、椎管内麻醉	500 mg
布比卡因	8.1	5 小时	酰胺类	作用强于利多卡因 4 倍，维持时间长	局部浸润、神经阻滞 椎管内麻醉	200 mg
罗哌卡因	8.1	2～6 小时	酰胺类	麻醉强度为普鲁卡 因的 8 倍	神经阻滞、硬膜外阻滞	225 mg

（刘 毅）

第三节　全身麻醉

美容受术者多为中青年，体格状况良好，能较好地耐受各种美容手术和麻醉。头面、躯干、四肢等全身各处均是常见手术部位。形体雕塑的主要手术有各个部位脂肪抽吸术、脂肪切除术、脂肪移植术等。

目前，随着现代医学的发展，监测水平的提高，麻醉药物和技术的不断完善，受术者更愿意在安全舒适的全身麻醉下接受手术。全身麻醉的优点是能阻断机体对麻醉和手术操作刺激的反应，消除疼痛不适与不良神经反射，对解除焦虑和产生遗忘有良好效果。若施以气管插管则有利于呼吸管理，便于口腔内及头面部手术的安全进行；便于施行范围大、时间长、出血多及多部位的手术；便于麻醉手术中控制机体的生理变化；便于根据需要应用特殊技术如低温、控制性降压、机械通气等。

形体雕塑美容手术全身麻醉的方法为了更合乎生理要求，更易于为受术者、手术医师和麻醉医师所接受，又有了一些更新。常用的全身麻醉方法有：①静脉-吸入复合麻醉：需实施气管内插管及使用肌肉松弛剂，麻醉药物复合应用可取得最佳麻醉效果，减少麻醉药用量，可进行各类复杂手术，但需较完善的麻醉设备及熟练的麻醉技术，术后需行气管拔管等麻醉苏醒期管理。②全凭静脉麻醉：常用麻醉镇静药丙泊酚、咪达唑仑、右美托咪定、氟哌啶等＋麻醉镇痛药芬太尼、瑞芬太尼、吗啡、哌替啶、布托啡诺及氯胺酮等。依手术需要复合用药，间断或持续静脉注射，用药量依受术者状况及疼痛刺激程度而定，避免明显呼吸循环抑制。若未行气管插管，术中需加强呼吸管理，全程吸氧，及时处理呼吸抑制和气道阻塞。③静脉麻醉＋局部浸润麻醉：复合应用上述静脉麻醉药物，在行手术区浸润麻醉及术中疼痛明显时给予间断静脉注射。理想状态是：受术者安静、欲睡、呼之能应，无明显呼吸循环抑制。每次用药量应根据受术者镇静、镇痛程度而定，术中吸氧，保持呼吸道通畅。

一、全身麻醉前的准备

对于美容手术受术者，麻醉医师只能在麻醉前短暂时间采集分析术前病史，了解体检及检查结果，确定手术时间，做好术前准备和术后处理的各项工作。与手术医师共同拟定具体的麻醉实施方案。与家属或受术者本人签署麻醉同意书。即使手术时间很短，仍应强调禁食 4～6 小时。为了麻醉后能迅速苏醒，一般不用术前药，需要时可到手术室后给予。

二、实施全身麻醉的基本条件

（一）基本设备

氧源、具有呼吸机功能的麻醉机（可行通气参数监测）、气管插管用具。

（二）生命体征监测仪

无创（袖带）血压监测、心电监测、脉搏／血氧饱和度监测、体温监测。

（三）辅助设备

除颤仪、CO_2监测仪、微量输注泵、肌松监测仪、全麻深度监测仪。

（四）药品

麻醉药品、辅助药品、肌松药、急救药品。

三、常用全身麻醉技术

（一）静脉全身麻醉技术

1 单次注入　一次注入较大剂量的静脉麻醉药，可快速达到要求的麻醉深度，多用于麻醉诱导和短小手术。此方法操作简便，但易于用药过量而产生呼吸、循环抑制。

2 分次注入　先静脉注入较大剂量的静脉麻醉药，达到适宜的麻醉深度后，再根据受术者的反应和手术需要分次追加麻醉药，以维持一定的麻醉深度。此方法作用迅速、给药方便，但血药浓度呈锯齿样波动，麻醉深度也因而波动。

3 连续注入　麻醉诱导后采用不同速度连续滴入或泵入静脉麻醉药以维持一定的麻醉深度。此方法避免了血药浓度和麻醉深浅的波动，调整注入速度可满足不同手术刺激的需要。

4 靶控输注（target controlled infusion，TCI）　用微量输注泵，以药代动力学和药效动力学原理为基础，通过调节目标或靶位（血浆或效应室）的药物浓度来控制麻醉药输注速度，维持适宜的麻醉深度。

5 麻醉恢复　良好的恢复应迅速，副作用少，并尚存一定的镇痛作用。按等效剂量单次注入给药，麻醉恢复快慢的顺序为：丙泊酚、依托咪酯、硫喷妥钠、咪达唑仑、氯胺酮。恢复期的副作用丙泊酚最少，氯胺酮、依托咪酯麻醉后，苏醒期常出现躁动，咪达唑仑可较好地减少这些副作用，但使苏醒延迟。氟哌啶可能增加噩梦的发生率。受术者在恢复期出现躁动首先应排除缺氧、CO_2蓄积、伤口痛及肌松药残余，如果用了吸入麻醉药还应考虑其洗出（wash-out）是否彻底。

（二）吸入全身麻醉技术

1 麻醉前准备　与上述全身麻醉前的准备相同，另外应根据吸入麻醉诱导本身特点向受术者做好解释工作及呼吸道准备。

2 麻醉诱导　分为浓度递增慢诱导法和高浓度快诱导法。单纯的吸入麻醉诱导适用于不宜用静脉麻醉及不易保持静脉开放的小儿，对嗜酒者、体格强壮者不宜采用。

（1）慢诱导法：左手将面罩扣于受术者口鼻部，右手轻握气囊，吸氧去氮后打开挥发罐以低浓度吸入麻醉药，嘱受术者深呼吸，每3～4次呼吸后增加吸入麻醉药浓度直至1MAC，诱导中保持呼吸道通畅，检测受术者对刺激的反应，若反应消失就可准备开始手术。这种浓度递增慢诱导法可使麻醉诱导平稳，但诱导时间较长，有明显的兴奋期。

（2）快诱导法：面罩吸纯氧6L/min，去氮3分钟，然后吸入高浓度麻醉药，嘱受术者深呼吸1～2次后改吸中等浓度麻醉药，直至外科麻醉期，需辅助呼吸或行气管插管控制呼吸。

3 麻醉维持　麻醉诱导完成后进入麻醉维持阶段，在此期间根据手术要求，维持受术者无痛、无意识、肌肉松弛、器官功能正常，应激反应得到抑制，提前3～5分钟预测手术刺激，及时调整麻醉深度。在不改变分钟通气量时，调整麻醉深度可通过调节挥发罐的挥发浓度和增加新鲜气流量来实现。如果为了增强肌松而单纯增大麻醉药吸入浓度则会使循环抑制，因而需静脉给予一定的肌松药。

4 麻醉苏醒及恢复　吸入麻醉受术者的苏醒过程与诱导过程相反，是吸入麻醉药的洗出（呼出、排除）过程。手术结束前适时关闭挥发罐，手术结束后用高流量纯氧快速冲洗受术者肺内及麻醉机回路里残余的麻醉药。吸入麻醉药洗出越干净越有利于苏醒过程的平稳，否则可能导致受术者烦躁、呕吐。静脉给予一定量的止痛药可增加对气管导管的耐受，有利于吸入药的排除，减轻拔

管时的应激反应。

（三）静脉-吸入复合麻醉技术

是对受术者同时或先后实施静脉全麻技术和吸入全麻技术的麻醉方法，简称静吸复合麻醉。其技术方法有：①静脉麻醉诱导、吸入麻醉维持；②吸入麻醉诱导、静脉麻醉维持；③静吸复合诱导，静吸复合维持等。静脉麻醉起效快，诱导平稳，吸入麻醉易于管理，麻醉深度易于控制。在临床麻醉中同时或先后应用几种不同的麻醉药物或技术来获得全身麻醉状态的麻醉方法，又称之为平衡麻醉。平衡麻醉主要是联合用药，可最大限度地体现每种药物的药理作用，减少各药物的用量及副作用，达到良好的镇痛、遗忘、肌松、自主反射抑制及生命体征稳定。

（张铧）

第四节　肿胀麻醉

一、概述

（一）肿胀麻醉技术的发展和应用

1. 演变过程　最早期的脂肪抽吸术采用不加任何液体的直接抽吸，即所谓的“干性技术”（dry technique）。但这种技术的明显缺点为损伤大、失血量多，出血量占抽吸量的 40%～50%，这极大地阻碍了其发展和应用，仅在早期适合于小范围的抽吸。1977 年，Illouz 将包含低张盐水和玻璃酸酶的溶液注射到抽吸区的皮下脂肪组织，即所谓的“湿性技术”（wet technique）。与干性技术相比，湿性技术出血少、损伤小、更易于抽吸。Illouz 采用钝吸管（吸头、吸管侧孔均圆钝）将脂肪吸出，开创了钝性（blunt canula）、湿性技术（wet technique）及隧道技术（tunnel technique）的先河，创立了经典脂肪抽吸术（traditional liposuction，TL），成为现代脂肪抽吸术的创始人。Illouz 称之为水剥离法、水剥离使出血减少，更好地掌握组织层次，一般注入量与吸出量为 1:1。Illouz 认为采用湿性法吸脂，避免一次抽吸过量脂肪，皮下灌注液适量，不易发生液体失衡。为进一步降低抽吸时的出血量，人们在灌注液中逐步加入肾上腺素等。Illouz 湿性技术促发了超湿性技术及肿胀技术的产生。1986 年，Fodor 提出超湿性技术（superwet technique）概念。他将注射量增加，提出注射与预计抽吸脂肪相同量的含肾上腺素的盐水。1987 年，美国 Klein 提出的肿胀麻醉技术（tumescent technique）是现代脂肪抽吸术发展史上具有里程碑意义的重大发明。该项技术安全性高、组织损伤轻、出血少、麻醉时效长，应用于皮下脂肪抽吸术获得了非常好的效果。其意义在于一次可以将多达数千甚至上万毫升稀释的、含有肾上腺素的利多卡因溶液浸润至皮下。灌注量的增加大大提高了一次抽吸的体表面积和抽吸量，而且具有突破性的发现在于将以往利多卡因的用量由 5～7 mg/kg 体重增加到 35mg/kg，而没有显著的并发症（浓度在 0.05%～0.1%）。由于在肿胀麻醉技术下，皮下注射的大量等渗液体防止了大量的血管内外液体的交换，同时稀释的肾上腺素溶液大量浸润、弥散到整个手术部位，产生完全的血管收缩，使出血量很少（一般失血量为吸出总量的 1%）。因此大范围、大容量的脂肪抽吸术也并不需要输血，突破了传统抽吸时出血量及抽吸范围的限制，单次手术即可完成较大范围的抽吸，并获得了良好的效果。同年 Mckayw 提出在肿胀液中加碳酸氢钠中和 pH，减轻了注射时的疼痛；使得大部分较小范围的抽吸手术在门诊单纯局部肿胀麻醉下即可完成，无须进行

全身麻醉并住院，极大地方便了患者。该技术问世以来，因其具有安全有效、手术中失血少、不需输血和输液、组织损伤轻、手术后恢复快等优点，为众多整形外科及皮肤科医师所采纳和改良，促进了脂肪抽吸术及其他美容外科手术的发展。但 Klein 对其肿胀技术有特定的概念，即在脂肪抽吸时仅采用局部肿胀麻醉，无静脉输液，且脂肪的抽吸量少于 4L 或小于患者体重的 4%。目前肿胀麻醉配方虽然不尽相同，但基本组成是在每 1000 ml 生理盐水或乳酸林格液中加入 2%利多卡因 15～40ml、肾上腺素(1mg/ml)1～2 mg、5%碳酸氢钠 30～60ml。对于一次抽吸范围较大达体表面积 20%～30%、预计抽吸量较多超过 5000ml 的患者可考虑加用静脉基础麻醉或改用全身麻醉以提高手术安全性。

超湿性技术和肿胀技术改变了传统局部麻醉的观念，阐明了利多卡因在皮下脂肪组织中的作用机制，其用量大大超过药典(即《中华人民共和国药典》，下同)上所规定的极限，使脂肪抽吸术更为安全简便，是脂肪抽吸术发展历史上的一个重大飞跃，对脂肪抽吸术在世界范围内的推广起到了重要的促进作用。例如，美国 1996 年完成近 30 万例脂肪抽吸术，其中 92%采用肿胀技术，约 50%采用全身麻醉(部分患者联合使用两者)。

近年来，肿胀技术被广泛应用到腹壁整形术(图 3-1、图 3-2、图 3-3)、颜面除皱术、体表肿瘤的切除、腋臭切除、扩张器的埋植、皮肤瘢痕切除、皮肤移植、头皮瓣转移术、体表浅静脉切除、男性乳房发育症等其他体表手术，麻醉效果良好，解剖层次清晰，操作简便，组织损伤小，出血少，手术后恢复快，取得了良好的疗效。肿胀技术的诸多优点为美容整形外科许多手术提供了保证，同时也为其他手术提供了广阔的发展前景。

2 抽吸器械的发展及应用 腹壁整形术等皮肤脂肪切除术后必然在身体上留下长而大的瘢痕，此点在有色人种中表现得尤为明显。脂肪抽吸整形术的发展史也正是人们不断追求完美的最

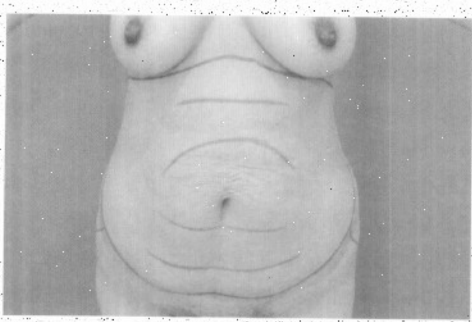


图 3-1 亚甲蓝标记腹部脂肪抽吸范围



图 3-2 局部肿胀麻醉



图 3-3 肿胀麻醉后局部呈苍白肿胀

好体现。为避免身体塑形术后瘢痕的形成，希望通过很小的切口去除大量的皮下脂肪进行身体塑形必然成为人们追求的目标。

1921 年，法国的 Charles Dujarrier 应用刮宫器械首先尝试进行闭合式脂肪抽吸，但以失败告终。1974 年，意大利的 Arpad Fischer 和 Georgio Fischer 开始采用抽吸管结合负压吸引器进行脂肪抽吸，开创了现代脂肪抽吸术的先河。随后，在 1977 年法国的 Illouz 将抽吸管从尖头改良为钝性的圆头，大大降低了术后血肿、血清肿等并发症的发生率，该项技术称为"钝性技术"。随后许多学者又对抽吸管进行了各种改进，现在比较常用的是多孔的 Pinto 管等。理想的吸引管应符合以下条件：能够高效抽吸、易于操作、滑动性好、最小创伤，并使医师发挥最佳的技术、能力与速度。除了常规的抽吸管外，一些特殊设计的抽吸管如弯管有助于从脐孔切口对腰部进行塑形，带环形尖端的环形管其锋利的环形边缘便于切割，对于二次抽吸修整及淋巴水肿抽吸时皮下瘢痕组织的松解及异位的皮肤复位等特别有效。除了钝性技术外，Illouz 还针对脂肪抽吸术，提出了不同层面的抽吸以保持皮肤与皮下联系、皮下组织灌注等理论，这些基本理论奠定了现代脂肪抽吸外科的基础。

3 辅助器械的发展及应用　近 10 年来由于肿胀技术的流行，辅助吸脂系统、器械如雨后春笋般迅速发展起来。许多学者及生产商尝试通过改进抽吸技术及设备来进一步增加吸脂效率、降低医师劳动强度、减少并发症，由此发展了各种新的技术设备，主要目的在于希望特异性地将脂肪组织乳化破坏而同时能保护血管、神经、淋巴管等组织不受损伤或少受损伤，使脂肪抽吸效率更高、更容易。自 20 世纪 90 年代，先后有超声辅助吸脂器械（内、外超声）、电子辅助吸脂器械、动力辅助吸脂器械、激光辅助吸脂器械相继问世。电子辅助吸脂的工作原理是将两个 1.5～2 mm 的针式电极插入脂肪组织中，两电极间形成一个高频电场，产生"焦耳效应（Joule effect）"，在组织内产生热作用，加热脂肪直至脂肪细胞破裂为液态后吸出，一般仅适用于较小范围的局部脂肪堆积患者。而超声辅助吸脂的原理则是利用超声波的热效应、微机械效应及空腔效应（cavitation）等选择性破碎低密度的脂肪组织，使之乳化分解，而尽可能地保留高密度的皮肤、血管、神经等组织，最终以较小的损伤获得较好的效果。在临床应用中对于抽吸后二次修复手术、局部纤维间隔较致密的部位如肩、背、项等区域以及淋巴水肿抽吸等应用传统负压抽吸较困难的情况可明显提高操作的精度和效率，减轻医师的工作强度。超声辅助吸脂又可分为内超声技术和外超声技术。振动辅助吸脂的原理是通过共振发生器使脂肪抽吸管产生低频高幅往复式振动，促进脂肪组织团块发生共振破碎后吸出，理论上共振吸脂能提高吸脂效率，大大降低操作者劳动强度。近年来逐渐兴起的激光辅助吸脂术，从一开始就引发了广泛的争议。为此国外学者进行了一系列相关的实验和临床的体外和体内研究。应用激光辅助脂肪整形术的主要目的是加快术后恢复、减轻手术医师的劳动强度以及收紧抽吸区皮肤。和超声辅助脂肪抽吸整形术类似，激光辅助脂肪整形术按能量传送方式的不同分为体内和体外两种方式。体外照射方式激光辅助脂肪抽吸整形术主要由 Neira R. 等所大力倡导，据称脂肪细胞经过 10mW 635nm 低能量二极管激光照射 6 分钟后，会释放其中 99% 的脂肪成分。但从理论上讲，从体外照射的波长为 635nm 的弱激光一般只能穿透 1.5～2 mm 深度的人体组织，有效穿透深度在 1mm 以下，其主要作用是热效应。因此 Neira R. 等提出的该激光能打穿位于深层的皮下组织层脂肪细胞并使其中脂质外流的观点一直处于争论之中，且 Brown 等应用同样的方法处理脂肪细胞后并无发现和未照射对照组有任何不同。因此，近年来人们倾向于使用内源性激光融脂整形术。内源性激光融脂整形术是指应用光导纤维将 1064 nm 波长的 Nd：YAG 激光导入到皮下组织间隙中，通过将光能转化成热能起到融脂作用，因此也称为组织间隙激光融脂。Ichikawa K. 于 2005 年报道应用 1064nm Nd：YAG 激光以 40Hz、150mJ、100μs 照射新鲜的人体皮肤和皮下脂肪组织标本，组织照射后扫描电镜及 HE 染色检查，发现实验组和未照射的对照组相比脂

肪细胞受破坏程度大。实验组可观察到细胞膜的退行性变、汽化、液化、炭化现象及热凝固的胶原纤维等。由此得出结论，从组织学上证明 1064nm Nd：YAG（SmartLipo）激光对破坏人体脂肪组织是有效的。Kim K. H. 等应用同样的激光对小块的局部脂肪堆积（体积低于 100 cm^3）进行融脂临床实验，3 月后随访时 MRI 检查显示局部脂肪堆积量降低了 17%。并且在相同剂量作用下，相对脂肪沉积较少的区域获得了更好的效果，因此 Kim 特别强调了激光的剂量-效应相关关系。但 Kim 在文中并无特别说明每一个患者所用的激光总剂量，但通过文中图表可以看出，如此小体积（低于 100cm^3）的局部脂肪堆积激光治疗所用的剂量还是较大的，大部分患者在 3000～6000J 之间。这点和其他作者所报道的激光融脂剂量在 200～1000J 之间有较大的不同。而 Prado A. 最近一份随机双盲前瞻性临床对比研究结果显示，激光融脂塑形和负压抽吸塑形相比术后疼痛较轻、脂肪比积（lipocrit）较低，组织学检查显示激光融脂后绝大部分脂肪细胞的细胞结构和核膜等遭到破坏，而负压抽吸术后 90%的脂肪细胞结构保持完好、核膜完整。作者设计观察对比了多项指标如下：术后 3～5 天、12～15 天及 6～11 月随访时医师及患者对抽吸效果评价统计，包括手术用时、术后疼痛、水肿程度、淤青程度、恢复时间等，通过比较发现激光辅助融脂和传统的负压脂肪抽吸塑形术在上述临床效果方面并无明显的不同。倒是激光融脂产生的高浓度的游离脂肪酸提示我们其可能会产生肝、肾毒副作用。因此激光融脂手术在最佳激光剂量、合适的治疗范围、其作用机制等方面尚需进行进一步广泛的实验和临床研究。从已有的研究结果看，激光融脂手术要达到比传统的负压脂肪抽吸术出血量更少、术后恢复时间更短、不适感更轻、术后皮肤回缩能力更强的效果，尚还有很长的路要走。由于激光吸脂还需要额外设备，费用高，操作不便，因此该项技术尚未得到公认与推广。

辅助吸脂器械的优点：①省力；②有助于浅表脂肪的抽吸，利于皮肤回缩；③有助于纤维组织丰富部位的脂肪抽吸。除动力辅助吸脂器械是直接作用于吸头外，其余的辅助吸脂器械的缺点为：①先乳化脂肪组织再行抽吸操作，故相对费时，效率低；②多为进口设备，价格昂贵，手术费用高；③抽出的脂肪细胞已被破坏，不能用于移植。总之，辅助吸脂器械均须在肿胀技术下进行，因此与肿胀技术下的传统吸脂术相比其优越性有限，只是与传统的干性技术相比才能体现其先进性。

（二）肿胀麻醉的技术特点

1 手术安全性增加　最初脂肪抽吸术需要全身麻醉，1987 年，Klein 发明肿胀麻醉后使脂肪抽吸术能够被广泛、安全地使用，使大部分脂肪抽吸术在单纯局部麻醉下即可顺利完成，避免了与全身麻醉有关的高危药物的使用，并发症少，有效减少了麻醉风险。肿胀液常用的配方是利多卡因、肾上腺素、碳酸氢钠和生理盐水。利多卡因是酰胺类中效局麻药，具有起效快、穿透性强、弥散广及无明显扩张血管作用等特点。肾上腺素对皮肤及皮下组织中血管收缩强烈，与局麻药同时使用可以大大延缓局麻药吸收，减少局麻药中毒及延长局麻药作用时间。大剂量、低浓度的肿胀液注入皮下脂肪层后，脂溶性的利多卡因和脂肪组织结合并在较短时间内被抽出体外，进一步降低了其进入血循环的剂量。肾上腺素延缓吸收的作用也使更多的利多卡因通过吸脂被同时吸出。因此，肿胀麻醉一般不会达到利多卡因的中毒浓度，增加了肿胀麻醉的安全性。

2 术中失血少　"肿胀法"抽脂术与以往的"湿性"抽脂法相比有着明显的优势。它可以不需要全身麻醉、硬膜外麻醉或静脉麻醉，大大减少了术后不适及术中出血，术后恢复快，较少发生术后淤斑及血肿。以往吸脂手术一次吸出量超过 1500ml，则失血过多的危险明显增加，应考虑输血。采用肿胀技术可减少术中失血，允许一次吸脂量达 3000ml 而不需输血。其原因有三：①肾上腺素的作用。尽管用量很小，仍可进行有效止血。Replogle 对 100 个病例研究后证实肾上腺素不能在脂肪中弥散，肿胀注射中麻药充斥于皮下脂肪层中，肿胀的压力驱使肾上腺素进入细胞，效果既快又

确切。②大量稀释的利多卡因溶液浸润皮下，使组织肿胀、坚实，从而引起血管结构压缩，这是失血减少最重要的因素。③大量盐水的浸润造成术区脂肪组织的液体机械性扩张以及纤维壁拉长、稀疏，扩大了皮下间隙，使吸脂管更易通过，减少了血管损伤。

3 麻醉作用时间延长　大量肿胀液注射至皮下组织，使组织张力增加，血管结构压缩，加上肾上腺素的缩血管作用，使利多卡因吸收减慢，麻醉作用时间延长。血浆浓度高峰明显延迟，临床局麻作用持续 18 小时，不需要术后止痛。

4 肿胀技术可减少皮肤表面的不规则外观　大量肿胀液浸润使皮下组织间隙变大，脂肪均匀肿胀，脂肪细胞的增大或较细吸头的使用，减少了组织损伤，也使抽吸过程较全面和彻底，使残余脂肪容易被发现和及时吸除，从而达到形体雕塑的目的，提高美容效果。

5 低渗肿胀液　在使用超声脂肪抽吸术时，理论上认为脂肪细胞膨胀得越大，细胞膜越容易被超声波破坏。同时，理论上认为低渗能使细胞增大，钾能增加细胞膜的通透性。Song A.Y. 取三种不同渗透压的盐水：生理盐水（NS）（154 mOsm/L）、1/2NS（77 mOsm/L）和 1/4NS（38.5 mOsm/L），分别加入 0、5mEq/L 和 10 mEq/L 浓度的钾，将 6 例患者的脂肪细胞放入 9 种溶液中，然后用计算机成像系统在 0、15 分钟、30 分钟和 45 分钟时测试细胞直径。在 NS 中的细胞直径 45 分钟后无明显增大，1/2NS 中细胞在 45 分钟后增大（8.0±1.9）%，1/4NS 中细胞在 15 分钟后增大（14.0±2.4）%，45 分钟后增大（15.0±2.3）%，并具有统计学意义，钾对细胞直径增大无明显影响。

6 加热的肿胀液　脂肪抽吸术中许多并发症是由术者技术水平不高造成的，而部分并发症和手术医师操作关联性并不强，其中一个常见的并发症是患者术后出现寒战不适。体温过低会还引起心律失常，严重时甚至引起心脏停搏。国内外均有报道使用加温至体温的局麻药物在身体其他部位进行皮下注射时，可以明显减轻痛觉。因此大量临床医师进行肿胀麻醉时选择接近体温的液体，不仅可以减轻药物注射时、术中及术后的不适和疼痛，还可以减轻大量注入明显低于体温液体对体温中枢的影响，减少术后出现寒战的发生率。但液体温度的升高可能会增加局麻药物的吸收，以至引起血药浓度升高，从而增大毒性反应发生的可能性。毕胜等对 23 例患者分别接受常温及体温肿胀麻醉液输注，测定其术后即刻及术后 8 小时的利多卡因血药浓度并做统计学分析。结果显示 23 例患者血药浓度均在安全范围内，且两组患者不存在显著差异，因此认为输注接近体温的肿胀麻醉液不会升高术后利多卡因血药浓度。Robles Cervantes 等将基本条件相似的健康女性患者分为两组，一组使用室温（24℃）下的肿胀液，另一组使用人体温度（37℃）的肿胀液，每 15 分钟记录她们的生命体征（包括心率、呼吸、体温及血压）。结果虽然心率、呼吸及血压两组间有区别，但无统计学意义。体温（分别为 34.9±1.1℃和 35.7±1.3℃）恢复到正常所需时间（分别为 120±8min 和 69±4min）有统计学意义，但这些改变对血液动力也无明显影响。

7 其他　Bird G. 等在 1966～2004 年间对使用肿胀麻醉行脂肪抽吸术的患者同时使用 N_2O，结果证明 N_2O 能更有效地减少疼痛，使患者无需使用全身麻醉，减少了麻醉风险。术后患者从 N_2O 作用中恢复较快，不需特殊监护。

（三）肿胀麻醉的使用方法

1 肿胀液注射方法　站立位标出手术范围，以脂肪堆积最高点为中心作等高线标记，在标记的预定抽吸区域的皮下脂肪组织内用 20ml 注射器缓慢、均匀注射局麻液，使组织肿胀至超过标记区域外 2cm 内的皮肤苍白、实硬且呈轻度橘皮样外观。注射完毕后用手按摩挤压，使麻醉液扩散均匀。目前采用的注射方式有注射器注射、输液瓶内高压注射和注液泵（注水机）注射三种，应根据吸脂部位、注液量和单位条件选择。对于吸脂部位少、注液量不大、颌颈部等注液速度不宜太快等情况，多采用注射器注射。注射器注液时，在注射器和注水管之间用一个三通开关连接，可减少注液

过程中液体的丢失。在多部位联合抽脂时多采用注液泵注射或输液瓶内高压注射，两者均有速度快、省力、省时、节约液体等优点。输液瓶内高压注射方法简单，适合尚无注液泵的单位使用，但应注意无菌操作。

2 肿胀技术超量灌注标准　对于肿胀技术的超量灌注液体量标准目前尚无具体指标，有人认为是预计吸脂量的1～2倍。腹部、臀部、大腿等部位吸脂术注液量较大，每个部位平均注入2000～5000ml，上臂、小腿、腰髂部等小部位每个部位需平均注入1000～2000ml，蔡景龙等总结的超量灌注的客观指标为：皮下组织肿胀坚硬，皮肤发白且呈轻度"橘皮样"改变，切口出现"涌泉征"，说明浅层脂肪组织灌注到位，有利于浅层脂肪的抽吸；注液量为预计吸脂量的1.5～3倍。用B超测定皮下组织厚度，可见达到上述超量灌注标准时皮下组织厚度是注射肿胀液前的2～4倍。灌注量大，组织密度低，组织间腔隙大，血管受挤压收缩，抽吸时组织损伤小，出血少。但应注意灌注后应及时抽吸，较大范围的灌注应分次分部位进行，颌颈部灌注速度不宜过快、量不宜过大，以免造成喉头水肿，出现呼吸困难。Platt等报道了1例因肿胀液灌注过量而中毒死亡的病例，尸检结果证实是因灌注过量造成利多卡因和肾上腺素中毒而死。行大量的脂肪吸出时，应注意肿胀液灌注至组织开始变硬时即停止，勿灌注至皮下组织极度膨胀或皮肤硬化，切记不能超量灌注。Laffon等报道了在吸脂术中大剂量应用利多卡因可引起肺水肿，他在用大白鼠做的动物实验中发现，大剂量的利多卡因可使肺泡的液体清除率降低50%，这是导致肺水肿的原因。Commons等报道了4例轻度肺水肿和1例肺炎并发症的病例，都与肿胀液灌注超量有关。因此应该严格限制利多卡因的用量（<35mg/kg）。上述事实说明，肿胀技术应用不当会造成严重的并发症，且不可掉以轻心。

3 维持围手术期体液平衡　Klein认为肿胀法吸脂时，大量灌注液会进入血管内，不需要静脉补液。美国整形外科医师协会认为应用肿胀技术，当抽吸量>5L时才需要补充晶状体液，每超过1ml补充0.25ml。蔡景龙等研究结果表明，对年龄超过50岁、有高血压或风湿性心脏病病史、一般情况较差、吸脂量超过2000ml的患者，常规建立静脉输液通道并补充适量的电解质液，可增加手术安全性。一般情况下手术时间为2～4小时，补液量为500～1000ml。大量吸脂应住院治疗，术后继续给予适量补液。Toledo提出改用林格液代替生理盐水，可有效避免水中毒和电解质紊乱，从而使肿胀技术更加成熟完善，成为美容整形外科和皮肤外科中的首选麻醉方式，甚至连静脉麻醉都不再需要。

二、肿胀液配方

肿胀液的配方目前尚无统一规范。不同地区的整形外科医师根据经验和临床情况而采用不同的配方，但其基本成分为利多卡因及肾上腺素，稀释溶液为乳酸林格液或含有碳酸氢钠的生理盐水。常见配方见表3-4～3-14。

（一）盐酸利多卡因

1 概述　Lofgren N. 于1943年首次合成盐酸利多卡因，其化学名称为N-(2,6-二甲苯基)-2-(二乙氨基)乙酰胺盐酸盐一水合物（$C_{14}H_{22}N_{20}\cdot HCl\cdot H_2O$）。盐酸利多卡因为酰胺类中效局部麻醉药物，相对分子质量为288.82（利多卡因的相对分子质量为234.34），pKa=7.90，熔点75～79℃，易溶于水及乙醇，4.42%为等渗溶液。不含肾上腺素的利多卡因商业成品的pH为6.5，含有肾上腺素的成品的pH为4.5。

（1）作用机制：非离子型利多卡因是脂溶性的，易进入细胞。利多卡因的pKa=7.90，溶液的pH增高，非离子型比例增加；反之，在酸性环境中，如感染区域，非离子形利多卡因减少。利多卡因必须首先进入细胞内，与神经膜内层上的受体结合，抑制钠通道Na^+的流入，延长去极化时相，使神

经膜动作电位达不到阈值，破坏其动作电位的传导，达到阻滞神经的效应。首先阻滞的是最细的神经纤维，如痛觉神经（直径为 0.4～1.2μm），其次为温觉及压力感受纤维，最后为运动神经。

（2）代谢：利多卡因在体内的代谢产物有以下两种：①单乙基甘油二甲基苯胺（monoethylglycinexylidide，MEGX），其活性与利多卡因相等；②甘油二甲基苯胺（glycinexylidide，GX），其活性为利多卡因的 10%。MEGX、GX 大部分在肝脏由细胞色素 P450 微粒体酶系统转化降解，90%的降解产物由肾脏排除。在酶系统功能正常的前提下，肝脏的血流量是利多卡因代谢的关键因素。利多卡因经皮下给药的半衰期为 1.5～2 小时，注射后 2 小时开始清除，清除率与吸收率持平时，血药浓度保持不变。健康青年男性平均清除率为 15.6ml(min·kg)或 250mg/h，半衰期为 1.6 小时，健康青年女性数值高于前者，而老年人下降 10%～25%。

表 3-4　戚可名配方

药物	剂量或容量
2%利多卡因	40ml(0.08%)
1:1000 肾上腺素	1ml(1:1000000)
5%碳酸氢钠	10ml(6mmol)
生理盐水	加至 1000ml
pH	7.2～7.3

表 3-5　出口正已配方

药物	剂量或容量
利多卡因	1000mg
肾上腺素	1mg
7%碳酸氢钠	10ml(8.3mmol)
生理盐水	1000～5000ml

表 3-6　de Souza Pinto 配方

药物	剂量或容量
2%利多卡因	20ml(0.076%)
1:1000 肾上腺素	1ml(1:500000)
8.4%碳酸氢钠	10ml(10mmol)
生理盐水	500ml

表 3-7　Grazzer 配方

药物	剂量或容量
1%利多卡因	40ml
肾上腺素	1mg
8.4%碳酸氢钠	20ml(20mmol)
乳酸林格液	1000ml

表 3-8　Hunstad 配方

药物	剂量或容量
1%利多卡因	50ml(0.05%)
1:1000 肾上腺素	1ml(1:1000000)
乳酸林格液(38～40℃)	1000ml

表 3-9　Hunstad 大容量脂肪抽吸肿胀液配方配方

药物	剂量或容量
1%利多卡因	25ml(0.025%)1:1000
肾上腺素	1ml(1:1000000)
乳酸林格液	1000ml

表 3-10　Klein 配方

药物	剂量或容量
利多卡因＋肾上腺素	①或②或③*
肾上腺素	1mg
8.4%碳酸氢钠	20ml(20mmol)
乳酸林格液	1000ml

*①=0.05%利多卡因 500mg+1:2000000 的肾上腺素 0.5mg；②=0.075%利多卡因 750mg+1:500000 的肾上腺素 0.75mg；③=0.1%利多卡 1000mg+1:500000 的肾上腺素 0.75mg。

表 3-11　Pitman 配方

药物	剂量或容量
2%利多卡因	25ml(0.05%)
1:1000 肾上腺素	1ml(1:500000)
8.4%碳酸氢钠	10ml(10mmol)
乳酸林格液	500ml

表 3-12　Teimourian 配方

药物	剂量或容量
2%利多卡因	500mg(0.05%)
1:1000 肾上腺素	2mg(1:500000)
8.4%碳酸氢钠	10ml(10mmol)
生理盐水	1000ml

表 3-13 Toledo 配方

药物	剂量或容量
2%利多卡因	20ml(0.076%)
1:1000 肾上腺素	2mg(1:500000)
3%碳酸氢钠	10ml(3.6mmol)
乳酸林格液	1000ml

表 3-14 Young 配方

药物	剂量或容量
1%利多卡因	25ml(0.25%)
1:1000 肾上腺素	1ml(1:1000000)
8.4%碳酸氢钠	10ml(10mmol)
乳酸林格液	1000ml

(3) 结合蛋白:其血浆结合蛋白为α1 酸性糖蛋白(alpha-1 acid glycoprotein,AAG)或清蛋白,结合型的利多卡因没有生理活性。结合的比例与两者的浓度有关。吸烟、口服避孕药物等可影响 AAG 的水平。

(4) 毒副作用:利多卡因的毒副作用与其血药浓度相关,当血药浓度低于 3μg/ml,一般不会出现毒副作用及中毒症状,包括头晕、眼发黑、嗜睡、血压降低等;血药浓度>3μg/ml 时,则可能出现头晕、倦怠、谵妄、口苦、口舌无味、听力损伤;血液浓度>5μg/ml,会出现颤抖、肌肉颤动、心脏并发症;如血药浓度>9μg/ml,则出现抽搐、呼吸、心跳停止。

2 药理动力学 注射于皮下脂肪组织的低浓度利多卡因类似于缓释药片,为单室性药理动力学模型。在此室中无浓度梯度,利多卡因浓度的降低仅与该系统的释放量有关。由于利多卡因的脂溶性特征,脂肪组织与之结合成为利多卡因的储积库,利多卡因的脂肪:血液浓度比在 1:1～2:1 之间,利多卡因在 15mg/kg 时,注射后 4～14 小时达到一较低的血浆浓度高峰,60mg/kg 时逐渐上升为一高峰平台,持续到注射后 16 小时,最长者可达 23 小时,48 小时后降为 0。而高浓度(1%～2%)的利多卡因注射后 30～60 分钟即达到血浆浓度高峰。目前肿胀液尚无规范的配方,Klein 建议 0.05%利多卡因的安全量为 35mg/kg,国外报道利多卡因总量在 22.5～50mg/kg,国内有报道达 63.5mg/kg,目前国内外认为的安全剂量在 35～40mg/kg。用量大大超过药典上所规定的极限无毒性反应,其原因是皮下组织吸收较慢,使利多卡因的血浆浓度高峰推迟。导致利多卡因吸收慢的确切原因不明,可能与下列因素有关:

(1) 皮下组织药物储积效应:利多卡因为脂溶性药物(1g 脂肪组织可吸收 1mg 利多卡因),积存在脂肪组织内不易迅速大量被血液吸收。脂肪组织内的血管数量又相对较少,因此利多卡因吸收也相对较慢。脂肪的缓冲作用,延长了麻醉时间,可延缓利多卡因吸收 12 小时。

(2) 药物定向释放:肾上腺素的定向释放可达到较好的血管收缩效应,减慢其吸收。目前认为,肾上腺素的缩血管作用是利多卡因血浆浓度高峰推迟的主要原因。

(3) 组织放大效应:Nahas 的研究表明,注射肿胀液后,脂肪小叶的直径增加 30%～40%,体积增加 1 倍以上。组织肿胀增加了利多卡因的弥散距离,减缓了利多卡因的吸收。

(4) 抽吸出的比例:术中有相当部分利多卡因随抽出物排出体外或从切口流出,一般情况下,吸出的总利多卡因量占总注入量 21.3%～60.25%。Klein 等的研究表明 20%～30%的利多卡因被抽

吸出体外，而 Toledo 认为仅有 5%。刘毅等的研究表明，随肿胀液注入体内的利多卡因近 70%被吸出体外。

（5）注射速度：利多卡因血浆浓度与注射速度有关。注射速度较快，由于肾上腺素缩血管作用延迟，利多卡因吸收较快，形成一个暂时性早期血药浓度高峰；注射速度慢，血浆浓度上升缓慢而平稳。

（6）压迫效应：大量肿胀液注射至皮下组织，使组织肿胀压迫血管，血管受压，局部灌流减少，阻止其吸收。也有学者认为，肿胀液注射后皮下组织的压力很快下降，并不能减缓利多卡因的吸收。

（7）浓度：肿胀液中 0.08%～0.1%的低浓度利多卡因吸收慢，且对血管有一定的收缩作用。

（8）高峰浓度：高峰浓度的推迟，使部分利多卡因被代谢。

（9）碳酸氢钠：碳酸氢钠使 pH 升高，游离碱基增多，进入神经速度增快，膜外离子型利多卡因减少，吸收随之减慢。

（10）利多卡因半衰期短，在体内消除快。半衰期在正常人仅为 1.5 小时。利多卡因在被缓慢吸收的同时又被快速消除，故其最高血药浓度出现既晚，又不太高。

（11）对于继续加大利多卡因的用量应持谨慎态度。曾有报道静脉内利多卡因连续滴注超过 24 小时，其半衰期显著增加。肿胀法吸脂术中皮下注入大剂量利多卡因，被吸收缓慢而持续时间长，这相当于连续滴注，其降解速度也会越来越慢。因此，有学者认为，剂量的再加大应在血浓度监测下进行。

3 影响利多卡因血浆浓度的因素　利多卡因正常血浆浓度在 1～4mg/L 时，60%～80%为结合状态。影响其血浆浓度的因素如下：

（1）疾病因素：①肝脏疾患：对利多卡因的降解减弱。②肾脏疾患：排泄减少。③低蛋白血症：清蛋白、AAG 减少，游离型利多卡因增多。④其他：心排出量降低、有效血容量不足、低钙血症、低磷酸盐血症等。

（2）生物因素：①口服避孕药物：降低 AAG，使游离型利多卡因增多。②β 受体阻滞剂：降低心排出量、肝脏血流量及利多卡因的清除率；使血浆浓度升高 20%～30%。③竞争性抑制剂：钙离子通道阻滞剂、苯二氮䓬类、三环类抗抑郁药物、减肥药物等与利多卡因的代谢均需肝脏细胞色素 P450 3A4 同工酶，竞争性抑制利多卡因的代谢。

（3）其他因素：①注射速度：注射过快，可能加快利多卡因的吸收。②注射部位：面颈部血供丰富，利多卡因血浆高峰浓度出现时间比下肢早 6 小时左右。③吸烟：吸烟可导致 AAG 升高，游离利多卡因减少 15%～20%，与未吸烟者相比达到同样麻醉效果需要更高剂量。④其他：局部浸润的体表面积、肿胀液的 pH、有无收缩血管的药物、应激状态、消瘦、年龄增大、性别等。

4 毒副反应　目前，普遍认为肿胀液中利多卡因的安全用量为 35mg/kg，该值远远超过体利多卡因的最大用量 7mg/kg，但仍然安全，主要原因为注入肿胀液后其血浆浓度峰值低于可引起利多卡因副作用的最低值。Burk 等测定，当肿胀液中利卡因浓度达 38.3mg/kg 时，其血浆浓度峰值为 1.68μg/ml。Ostad 等提出利多卡因浓度可高达 76.7mg/kg。Rao 等报道了 3 例脂肪抽吸者死于术中突发血压下降、心搏徐缓、术后尸检，发现 2 例血中利多卡因浓度分别为 5.2mg/L 及 2mg/L，分析死亡原因与利多卡因中毒或利多卡因相关药物反应有关。因此在手术中、手术后要严密观察，抽吸前应达到良好的麻醉效果，手术中不要追加麻醉剂，以免利多卡因经破裂的血管进入血循环。

（1）全身毒性反应：文献报道，利多卡因的血浆浓度在 4～6mg/L 即可能导致死亡。其常见症状如下：①中枢神经系统：利多卡因的毒性与其血浆浓度密切相关，血浆浓度为 3～6mg/L 时，可出现轻度头疼、头晕、耳鸣、倦睡、口舌麻木、金属异味、眼球震颤等症状；5～9mg/L，出现颤动、肌肉抽

搐等症状；10mg/L 时则抑制中枢神经系统，出现惊厥、昏迷；20mg/L 出现呼吸窘迫。②消化道：恶心、呕吐等。③呼吸道：严重中毒时出现呼吸窘迫。④心血管系统：发生心动过缓、外周血管舒张、高血压及心肌功能减退等。高浓度利多卡因可引起心脏房室传导阻滞，变单向阻滞为双向阻滞，消除折返激动。因此，对心动过缓、预激综合征、房室传导阻滞者要慎用并采取相应措施才能确保安全。由于毒性反应是一个进行性的过程，中枢神经系统症状的发生早于心血管系统，注射时应密切观察患者的反应。

处理措施：①保持气道通畅，建立良好的通气(100%氧气)。②控制惊厥，应用苯二氮䓬类和巴比妥类药物。③出现心血管毒性反应时采用儿茶酚胺、阿托品，必要时给予溴苄胺。

(2) 变态反应：变态反应是一种病理性免疫反应，罕见，应与毒性反应、局部收缩血管反应鉴别，重复使用易发生。主要表现为皮肤损害、水肿、荨麻疹、水疱、剥脱性皮炎、结膜喉头水肿甚至过敏性休克等。其发生机制不详，可能与制剂中的保护剂对羟基苯甲酸甲酯有关，诱导 B 细胞产生大量特异性 IgE 抗体，对酰胺类局部麻醉药物高度敏感的个体禁用。利多卡因的皮肤过敏试验价值不大。过敏反应轻者可局部涂地塞米松软膏。重者口服地塞米松或静脉滴注氢化醋酸可的松。发生过敏性休克，应给予 0.2～0.5mg 的肾上腺素。

(3) 局部毒性反应：局部毒性反应也称组织直接损害反应、类过敏反应。较高浓度利多卡因、肾上腺素溶液可直接损伤组织，导致肌肉坏死及外周神经损伤，肿胀液也有造成皮肤及深层组织坏死的可能；在注射过程中，要警惕利多卡因的类过敏反应，随时注意观察注射部位有无异常血管扩张、淤斑及针孔渗血。若产生上述症状，应立即停止注射并对症治疗，以免发生注射部位皮肤软组织坏死。

5 肿胀法脂肪抽吸术中大剂量使用利多卡因注意点

(1) 利多卡因的消除主要在肝脏内进行，因此要求肝功能必须正常。肾功能衰竭者利多卡因的半衰期也大为延长，在选择时必须注意。

(2) 药物的相互作用也会影响利多卡因的消除，如普萘洛尔、苯妥英钠、普鲁卡因和西咪替丁等，因此手术前须注意询问。

(3) 由于利多卡因吸收慢，高峰出现时间晚，且肝脏降解利多卡因的能力不断下降，我们建议吸脂后应留院过夜，一般在术后 20 小时左右出院。

6 应用低浓度的加肾上腺素利多卡因溶液的优缺点

(1) 优点：①没有全麻的各种危险。②加碳酸氢钠减轻注射时的不适。③只用小剂量地西泮，无需止痛剂。④恢复快。⑤术后 12 小时内可止痛。

(2) 缺点：①注射速度控制在 60～80ml/min，因此浸润时间长。②须有经验的医师麻醉。③毒性作用不一定出现在手术室，应观察患者到术后 18～20 小时。

7 盐酸布比卡因　盐酸布比卡因为酰胺类长效局部麻醉药，其麻醉镇痛时间比盐酸利多卡因长 2～4 倍，弥散度与盐酸利多卡因相仿，对循环和呼吸的影响较小，常用量对心血管功能无影响，用量大时可致血压下降，心率减慢。过量或误入血管可产生毒性反应，一旦发生心肌毒性几无复苏希望。

(1) 有效剂量：局部浸润总量以 175～200mg(0.125% 70～80ml)为限，1 天极量 400mg。与碱性药物配伍会产生沉淀而失去作用。

(2) 肿胀液中盐酸布比卡因的作用：①减少利多卡因的用量。②盐酸布比卡因麻醉时间长，可增强麻醉效果，延长镇痛时间。③肿胀液中低浓度的利多卡因虽然减少了利多卡因的中毒风险，但其存在着用量的限制，尤其对于较大剂量的吸脂患者，其麻醉效果不甚理想。

将布比卡因与利多卡因联合应用，可提高术中、术后镇痛麻醉效果，起到协同增效作用且毒性不相叠加。赵国涛等为减少利多卡因用量，同时考虑盐酸布比卡因麻醉镇痛时间长的特点，将盐酸利多卡因与盐酸布比卡因结合应用，充分发挥两种局麻药的特点。但对于盐酸利多卡因与盐酸布比卡因之间的最佳组合比例，尚需进一步深入研究。

（二）肾上腺素

肾上腺素由 Abel 于 1897 年从肾上腺髓质中分离出来，20 世纪初期被广泛应用于局部麻醉药物中。属于儿茶酚胺类药物，化学名称为(R)-4-(2-甲氨基-1-羟基乙基)-1,2-苯二酚($C_9H_{13}NO_3$)，相对分子量为 183.21，pH 2.5～5.0。正常血浆浓度为 0～133ng/L。肿胀液收缩血管的显效时间为15～20 分钟，3 小时达到血浆浓度高峰，为正常上限的 3～4 倍，12 小时后经肝脏代谢恢复至正常浓度，对人体无损害。由于肾上腺素在碱性溶液中不稳定，半衰期缩短，因此肿胀液应在手术前临时配制，以免药物失效。

肾上腺素通过激活 α_1、α_2、β_1、β_2 受体，产生多种心血管效应，其效应与所结合的受体有关。当与 α_2 受体结合时，激活磷脂酰肌醇系统及腺苷酸环化酶，产生收缩血管作用。

1 有效浓度　肾上腺素的有效浓度为 1:1000000～1:80000，最低为 1:2000000，但其显效时间较长。一般认为，其安全剂量在 0.07mg/kg 以下。Burk 认为在利多卡因安全剂量的前提下，肾上腺素的安全剂量为 10mg。肾上腺素的血清峰值大约出现在注射后 3 小时，可达生理值的 4 倍，到 12 小时后恢复正常。黄绿萍等在临床上采用的肾上腺素浓度为 1:2000000～1:1000000，肾上腺素的使用剂量为 0.07mg/kg，以 4mg 为限。蔡景龙等研究结果显示使用肾上腺素的最大剂量为 8mg，未出现不良反应。对于轻度高血压、心脏病以及年龄超过 50 岁的患者应用肾上腺素，一般比较慎重，对这些患者可适当应用，且一般限制在 5mg 之内。

2 肿胀液中肾上腺素的作用

（1）收缩血管，减少出血。

（2）减缓利多卡因的吸收时间，降低利多卡因的危险性。

（3）延长了麻醉药物的作用时间，可延长数倍。

（4）可消除利多卡因抑制心肌收缩的不良作用，但并不能降低利多卡因的血浆浓度高峰。

3 禁忌证　患有嗜铬细胞瘤、甲状腺功能亢进、严重高血压、心脏病、外周血管疾病等的患者禁用肾上腺素。据统计，大约 10%的女性有二尖瓣脱垂，对肾上腺素很敏感。Rao 曾报道 3 例患者死于低浓度(1:2000000)的肾上腺素。

4 其他　LaLinde 提出用 L-Orrthine 8-Vasopressin 代替肾上腺素。该药为戊多肽，类似于下丘脑抗利尿激素，局部使用可直接作用于小血管产生止血作用。其优点为作用强，见效快，持续时间长，无肾上腺素的毒副作用，但临床应用较少，尚未证实上述优点。

（三）碳酸氢钠

碳酸氢钠的 pH 为 7.5～8.5(不高于 8.6)，肿胀液中的有效浓度为 10～15mmol/L，最高可至 20mmol/L。其作用如下：

1 减轻注射时疼痛　其机制为：①中和肿胀液的 pH，减轻酸性物质注射时的不适。但是临床观察发现普鲁卡因(pH＝3.0)注射时的疼痛小于利多卡因，说明皮下注射利多卡因所致的疼痛程度并非单纯与 H^+ 的多少有关，而是与利多卡因本身的特征有关。②痛觉感受器对离子型利多卡因的敏感度较高，对非离子型敏感度较低。碳酸氢钠改变了利多卡因离子型与非离子型的比例，离子型减少，非离子型增加，对痛觉感受器刺激减少。③非离子型利多卡因弥散力强，容易穿透神经鞘，麻醉起效快，阻止了伤害性脉冲的传播，从而降低了痛感。

2 加强局部麻醉浓度 根据 Henderson-Hasselbach 方程，碳酸氢钠使酸性麻醉溶液的 pH 升高，使游离碱基增多，CO_2 穿过神经细胞膜进入轴浆，导致轴浆内 pH 下降，使局部麻醉药物离解，阳离子增多，与受体结合加强局部麻醉效果，减慢利多卡因的吸收，也有学者认为碳酸氢钠可减少出血量，目前尚无可靠的证据。

3 其他

（1）曲安西龙（去炎松）：曲安西龙可减轻组织肿胀，但目前认为其消肿的作用不大，而且降低了患者的免疫反应，使手术后发生感染的概率增加。

（2）玻璃酸酶：Lewis 通过对照研究证实，肿胀液中加入玻璃酸酶可以减少出血。但多数学者认为，肿胀液中加入玻璃酸酶意义不大，而且增加注射时疼痛。

（3）维生素 C：Senen D 等于 2002 年提出在抽吸局部注射维生素 C 可激活脂蛋白脂酶（LPL）的活性，增加脂肪的溶解；也可促进胶原的合成，以增加局部纤维化。Senen 等通过动物试验证实维生素 C 可加速脂肪细胞溶解，并能促使皮肤弹性恢复。

（四）稀释液

一般采用生理盐水作稀释液，其钠离子的量为 154mmol，pH 为 5。大量注射肿胀液时可用乳酸林格溶液（钠离子的量为 130mmol，pH 为 6.3～6.5），以减轻钠负荷。乳酸林格溶液可以增加肾上腺素的稳定性。但根据作者的临床观察，单纯采用乳酸林格溶液而不加碳酸氢钠，如 Hunstad 配方，注射时疼痛等不适感较重，而且对利多卡因的镇痛效果有影响，其机制有待研究探讨。

三、作用机制

肿胀技术的效应主要有：①皮下组织的药物储积效应；②药物的定向释放效应；③水压分离效应；④组织提升扩大效应；⑤压迫效应。

（一）减少手术中失血

皮下脂肪组织在常态下，每 100g 脂肪组织血流量为 2～14ml/min，血管舒张时血流量可达 20～50 ml/（min·100g）。与其他技术相比，肿胀技术止血效果明显，出血量占抽吸混合液的 0.7%～7.8%，平均为 1%；每抽吸 1000ml 脂肪混悬液，血细胞容积降低＜1%，每升抽吸混合液含有 10.5±5.2ml 血液。手术中患者的血压、脉搏等生命体征稳定，其原因如下：

1 药物定向释放效应 定向释放肾上腺素，其收缩血管作用在较低浓度仍能有效止血。

2 组织提升扩大效应及水压分离效应 放大皮下组织间隙，加之采用小直径吸管，减少了血管的损伤。

3 压迫效应 大量稀释的利多卡因溶液浸润至皮下，使组织肿胀、坚实，从而引起血管结构压缩，这是使失血减少最重要的原因。

4 加快血管收缩 皮下灌注的大量肿胀液使组织压力增高，驱使肾上腺素进入细胞，使血管进一步收缩，抽吸效果既快又确切。失血的减少可大量抽吸脂肪而不需输血、输液，增加了脂肪抽吸术的安全性。

（二）增加手术的安全性

1 内环境稳定 由于肿胀液的皮下输液作用（注射后 2 小时可被吸收进入血液循环），手术中患者尿量充足，血压、脉搏稳定，人体内环境受影响较少，故可耐受大容量脂肪抽吸，而无须输血、输液，从而增加了脂肪抽吸术的安全性。

2 避免了系统麻醉的危险性 系统麻醉（全身麻醉及区域麻醉）及出血是脂肪抽吸术发生严重并发症的主要原因。多数研究表明，完全由麻醉（系统麻醉）引起的死亡率为 1/10000～1/5000，

其中神经区域阻滞出现的并发症和死亡率与全身麻醉没有本质区别，可能导致呼吸心跳骤停、过敏性休克、肺栓塞、恶性高热等致死性并发症。其中，全身麻醉中人为性错误及全身麻醉药物的毒副作用是发生严重并发症的主要原因。

肿胀技术加强了局部麻醉效果，从而部分取代了系统麻醉，同时避免服用镇静止痛药物，减少了其所导致的死亡率和严重并发症。加之出血量明显减少，使脂肪抽吸术安全可靠。肿胀技术的手术后恢复较快，若抽吸量<2000ml，患者无须住院观察。

（三）改变皮下脂肪组织的物理性质

1 降低黏滞度　皮下脂肪组织为半固态的凝胶体，皮下注射的大量肿胀液大大降低了脂肪组织黏滞度，脂肪组织被负压撕脱（而非锐性切割）并吸入抽吸针管内。大量液体同时进入抽吸管内，脂肪抽吸物类似于液态混悬液而非凝胶液，运行阻力较低，流动的速度加快，低负压即可有效抽吸。

2 其他　皮下注射大量肿胀液使组织间隙肿胀，其本身具有液压分离的效应，可能降低了周围组织的黏着牵引力，较低的负压即可将脂肪组织撕脱吸入抽吸管内。

（四）麻醉效果彻底、作用时间延长

肿胀液的体积在注射压力或重力的作用下，逐渐扩张并水压分离皮下组织，利多卡因均匀地分布于皮下组织，与感觉神经末梢的距离缩短，麻醉效果彻底。由于利多卡因吸收减慢，血浆浓度高峰明显延迟，麻醉作用时间可持续 18～20 小时，手术后止痛好，减少了手术后止痛药物的服用。

（五）抽吸更为精确、有效

由于肿胀液放大、提升了皮下脂肪组织，使抽吸针（管）运行阻力减小，利于术者的准确操作，手术后效果更好。肿胀液降低了脂肪组织的凝滞性，使之容易通过抽吸管，增加了抽吸效果。在皮下脂肪组织较少或存在瘢痕粘连的部分，肿胀技术的优势更为明显。

（六）抗感染作用

脂肪抽吸术术区范围大，在应用肿胀麻醉前行脂肪抽吸，其感染率约 0.5%，但自从应用肿胀麻醉后，脂肪抽吸手术后感染率明显下降。Lillis 的 2800 例脂肪抽吸手术，术后无一例感染，戚可名等 6000 余例脂肪抽吸术，未预防性应用抗菌药物，也无一例感染。脂肪抽吸手术后感染率较低的原因目前尚不明了。Hanke、Klein 等人认为肿胀液具有抗感染的作用。

早在 20 世纪初即有人发现了局部麻醉的抗感染现象。20 世纪 70 年代的研究证实，2%的利多卡因有对抗革兰阳性菌的作用，其机制在于：①利多卡因可能影响细菌细胞膜的通透性或阻止细胞膜的合成。②利多卡因可能影响细胞的呼吸功能。③利多卡因可能影响 DNA 的合成。此外，利多卡因中的保护剂对羟基苯甲酸甲酯可能也有抑菌作用。

但近期 Craig 等的研究认为，高浓度的利多卡因、肾上腺素、碳酸氢钠具有抗菌作用，其最低抑菌浓度分别为 0.50%、0.03%、0.53%，远远高于肿胀液中的浓度，由此认为肿胀液并无抗菌作用。他推测，脂肪抽吸术感染率低的原因可能为：①肿胀液将局部细菌密度稀释，低于导致感染的临界密度。②脂肪细胞破裂释放出的脂肪酸，具有杀菌作用。

Klein 通过体外研究证实，利多卡因不仅具有抑菌作用，而且具有杀菌作用，加入碳酸氢钠后其杀菌作用加强。他认为肿胀技术的抗感染作用是由于：①在体内利多卡因结合碳酸氢钠和肾上腺素具有抑菌和杀菌作用。②肿胀技术的血肿及血清肿的发生率很低。③组织损伤小。④受术者大多为健康人。

（七）在其他外科手术中的作用

1 面部除皱术　肿胀技术的应用无疑使组织间隙扩大，使解剖层次更加清晰，易于手术剥离，

提高了手术效率。

2 瘢痕治疗 即在瘢痕部位先行肿胀麻醉后再进行脂肪抽吸术，使局部皮肤松弛、张力下降后再行瘢痕切除。这种方法对治疗脂肪较多部位的大瘢痕十分有效。

3 乳房整形、腋臭切除等手术 使用肿胀技术明显减少了出血，缩短了手术时间，减少了并发症，提高了手术效率和安全性，并且术后组织肿胀明显减轻，术中亦减轻了组织牵拉，最大程度地减少了瘢痕的形成。易阳艳等在22例隆乳、15例扩张器置入、10例额颞部除皱术、25例巨痣切除手术中，向手术区注入适量肿胀液后再剥离，并与未注射肿胀液的28例类似的手术进行比较，分析其临床优势和意义。结果显示术中局部注射肿胀液能明显减轻术中出血、术后早期疼痛，减少术后局部淤血、红肿的发生率。分析认为主要为以下几个方面的作用：①肿胀麻醉有效地降低了利多卡因的用量（每千克用量可达35mg），从而降低了麻醉药中毒的概率。②盐酸肾上腺素的缩血管作用。③肿胀液准确注入到相应的组织，使组织膨胀，腔隙清晰、易在同一个层次，从而减小损伤，使剥离变得相对轻松，术中分离时患者可安静配合手术，有效地缩短了手术时间。术中出血少也使得术后局部明显淤血、红肿的发生率降低。④术后早期由于肿胀液的存在，稀释了炎性渗出，从而减轻了局部的炎症反应，具有预防隆乳术后纤维囊挛缩的作用。⑤肿胀液中肾上腺素的缩血管作用和肿胀液对组织中细小血管的压迫作用，会延缓利多卡因的吸收，使其血浆浓度高。⑥峰值推迟，延长了止痛时间。吸脂术后患者疼痛减轻也是这种作用的佐证。肿胀液中加入碳酸氢钠，改变了利多卡因离子型与非离子型的比例，使其容易穿透神经鞘，麻醉起效快，阻止了伤害性脉冲的传播，从而降低了痛感。另外，肿胀麻醉可由手术医师单独完成，使一些需大面积剥离的手术可在门诊进行。

4 体表肿瘤手术 体表肿瘤手术中肿胀麻醉技术的应用，使手术安全性大大提高，减少了术中、术后出血量，提高了最大限度切除瘤体的可能性，减少了并发症，降低了复发率。汪凯等在应用肿胀麻醉技术完整或大部分切除神经纤维瘤瘤体后，选择直接分层缝合、植皮或转移皮瓣一期修复创面。其优点有：①大量稀释含肾上腺素、利多卡因的溶液浸润至皮下，使组织肿胀、坚实，从而导致血管压缩，瘤体内的血液被迫挤出，起到瘤体"驱血带"的作用，这是使失血减少最重要的因素。②肿胀液中盐酸肾上腺素的用量很少（1:1000000），但肿胀的压力驱使肾上腺素进入细胞，使小血管进一步收缩。③肿胀麻醉具有局部镇痛作用，使术中麻醉药的用量减少。

5 皮瓣修薄术 臃肿皮瓣的根本原因在于皮瓣下方脂肪组织过多。既往所采用的皮瓣修薄方法为脂肪切除术。肿胀麻醉脂肪抽吸技术与传统皮瓣修薄术相比创伤小，切口仅需1cm，术中出血少，手术一次完成，明显缩短了治疗周期。

（姜疆）

第五节 肿胀麻醉的安全性评价

肿胀麻醉是脂肪抽吸术的一次革命，其最大的特点是大剂量低浓度的肿胀液使得脂肪组织膨胀，连接松动，其机械压迫作用与肾上腺素的缩血管作用，使脂肪层中血管密度减少，手术过程失血很少，可以安全、迅速地吸出大量脂肪组织。与此同时，肿胀液中所含的利多卡因也被一并吸出，故尽管肿胀液中的利多卡因用量大大超过常规的用量限制，文献报道的最大用量达100mg/kg，一次

最大用量达到 4.8g，但均未出现毒副作用。为准确评价脂肪抽吸术中肿胀麻醉的安全性，笔者和其他学者采用荧光偏正免疫法和免疫荧光测定法，分别检测了吸出物中脂肪组织与液体中利多卡因的含量以及血液中利多卡因浓度。

一、脂肪抽吸术吸出物中利多卡因含量的检测

选择年龄 19～42 岁的 39 例肝、肾功能正常的健康受术者进入本研究，其中女性 36 例，男性 3 例。体重 52～112kg，平均 65.38±13.41kg。采用瑞士 VACUSON 共振吸脂机实施脂肪抽吸术。吸脂部位：腹部 26 例，髂腰部 9 例，大腿部 4 例。肿胀液注射总量 1030～4580ml，平均 2778.90±861.55ml。利多卡因总量 400～1600mg，平均 1056.41±315.22mg，每千克体重平均 16.52±4.03mg。

吸脂完毕，待负压瓶中脂肪组织与液体完全分离，分别记录脂肪组织容积与液体容积。提取约 2ml 脂肪组织，用干纱布去除多余液体，称重；置组织匀浆器中，加等体积生理盐水匀浆；然后将匀浆液离心（3000r/min，10 分钟），取上清液 1ml，置-70℃低温冰箱保存。提取 2ml 吸出液体离心（3000r/min，10 分钟），取上清液 1ml，置-70℃低温冰箱保存。按 TDX 荧光偏正免疫自动分析仪（美国 Abbott 公司）测定利多卡因用标准曲线，同法检测样品。利多卡因检测试剂盒、利多卡因血清标准液、利多卡因质控液及其他配套试剂均购自美国 Abbott 公司。

结果显示：吸出物总量（脂肪组织＋液体）560～4300ml，平均 2001.03±926.48ml；其中脂肪组织 350～2600ml，平均 1142.31±577.14ml，占（60.88±7.94）%；吸出液体 250～1700ml，平均 735.90±380.61ml。针孔流失液体（10cm×10cm 大方纱布完全浸湿约为 30ml）50～350ml，平均 112.11±70.95ml。脂肪组织中利多卡因浓度为 72.80±8.61μg/ml，脂肪组织中利多卡因含量为 521.03±171.29mg；吸出液体中利多卡因浓度为 36.69±9.39μg/ml，吸出液体中利多卡因含量为 240.33±81.66mg；吸出物中利多卡因总量为 743.41±270.55mg；吸出的利多卡因总量占注入体内的利多卡因总量的（69.61±9.07）%，体内残留 310.43±105.30mg。

二、脂肪抽吸术中血液中利多卡因浓度的检测

朱晓海等选择平均年龄 30.6 岁（21～41 岁），平均身高 163.4cm（155～172cm），平均体重 63.4kg（55～75kg）的女性受术者 13 例，采用皮下超量灌注吸脂术实施脂肪抽吸。吸脂部位：腹部 13 例，大转子区 6 例，臀部 1 例。肿胀液配方：0.08%～0.1%利多卡因生理盐水溶液加 1:2000000～1:1000000 肾上腺素。肿胀液注射总量 2100ml（1500～2750ml），利多卡因平均用药量为 1892.3mg（1200～2200mg），平均剂量为 30.00mg/kg（20.51～35.71 mg/kg）。

肿胀液注射完毕即开始抽血。手术结束时为 0 小时，以后每隔 2 小时抽取静脉血 1ml，直至术后 24 小时。抽出的血液经凝固离心后取血清 70μl，在 TDX Automated Fluoresence Polarization Analyzer（美国 Abbott 公司）上自动测定。吸出物经离心后取澄清部分，稀释 50 倍采用相同方法测定其利多卡因浓度。同时，记录受术者年龄、身高、体重、肿胀液中利多卡因浓度、注入肿胀液总量、吸出物总量、吸出脂肪总量。计算利多卡因用药总量、每千克体重利多卡因剂量。利多卡因测定结果采用 SEIDE 软件分析。

结果显示：血液中利多卡因浓度平均最高值为 1.98μg/ml（1.54～2.94μg/ml），平均高峰时间为术后 9.6 小时（7.5～12 小时）。吸出液体中利多卡因平均浓度为 300μg/ml（173～482μg/ml），吸出利多卡因量平均为 584.8mg（302.8～1205mg），占注入利多卡因总量的 27.7%（15.1%～60.3%）。吸出物总量平均为 1948ml（1000～2600ml），吸出脂肪量平均为 1275ml（600～1850ml）。

三、安全性评价

利多卡因属脂溶性局部麻醉药物，具有起效快、穿透性与扩散性强、无明显的扩张血管作用等特点，是肿胀麻醉的主要用药。根据临床药理学研究，利多卡因的使用剂量与血清最高浓度间存在正相关，其毒性与浓度成正比，说明利多卡因的使用剂量与毒性间也存在正相关关系。

利多卡因的安全剂量为每千克体重不超过 4.5mg，或一次用量不超过 500mg，其导致中枢神经系统出现中毒症状的阈值为 6.4mg/kg，而肿胀麻醉时所用的利多卡因剂量远远超出此安全剂量，但均未出现毒副作用，究其原因有三：

1 利多卡因吸收少，吸收速度缓慢。主要是因为肿胀液中肾上腺素的应用使局部血管收缩，药物吸收缓慢；肿胀液中的碳酸氢钠可提高 pH，使能被吸收的以离子形式存在的利多卡因减少；利多卡因易与脂肪结合使吸收延缓；脂肪组织血管少，血供差，吸收少。朱晓海等通过对吸脂术中与术后利多卡因血药浓度的动态检测，证实利多卡因是以一种持续、缓慢、少量的方式吸收，其血液高峰浓度出现在 7.5～12 小时，而且认为肿胀液中利多卡因浓度为 0.1%（0.1mg/ml）时，加入 1:2000000～1:1000000 肾上腺素，用量达到 35mg/kg，其血清高峰浓度仍在安全范围内。

2 利多卡因的半衰期短，正常体内为 1.5 小时，清除较快。

3 注射后即刻抽吸时，利多卡因随吸出物（脂肪组织＋液体）被吸出体外。朱晓海等测定出吸出物经离心后的上清液中利多卡因浓度平均为 300μg/ml（173～482μg/ml），计算得出吸出利多卡因量平均为 584.8mg（302.8～1205mg），占注入利多卡因量的 27.74%（15.14%～60.25%）。

众所周知，吸出物在静置后分为位于上方的脂肪组织层和位于下方的液体层，由于利多卡因的亲脂特性，使其在吸出脂肪组织与液体中的浓度有所差别，但前述研究所获得的利多卡因浓度值是吸出物中脂肪与液体混合物的利多卡因浓度，显然忽略了与脂肪组织结合的利多卡因。有鉴于此，为确切了解吸出物中利多卡因含量，以便对肿胀麻醉的安全性予以评价，笔者分别采集了吸出物液体部分和脂肪组织部分的样品，分别检测其浓度，结果显示，脂肪组织中利多卡因浓度明显高于吸出液体中利多卡因浓度，前者为 72.80±8.61μg/ml，后者为 36.69±9.39μg/ml；经计算得出吸出的脂肪组织中利多卡因总量为 521.03±171.29mg，吸出液体中利多卡因总量为 240.33±81.66mg；吸出物中利多卡因总量为 743.41±270.55mg，占注入体内的利多卡因总量的（69.61±9.07）%。本研究表明，随肿胀液注入体内的利多卡因近 70% 被吸出体外，该结果为准确评价肿胀麻醉的安全性提供了客观依据。

（刘毅）

参考文献

［1］吴孟超，吴在德.黄家驷外科学［M］. 第 7 版. 北京：人民卫生出版社，2008：294-314.

［2］Klein J A. The tumescent technique for liposuction surgery［J］. Am J Cosm Surg，1987，4：263-267.

［3］王炜. 整形外科学［M］. 杭州：浙江科学技术出版社，1999：28-44.

［4］Illouz Y G. Illouz's technique of body contouring by lipolysis［J］. Clin Plast Surg，1984，11（3）：409-417.

［5］Song A Y，Bennett J，Marra K G，et al. Scientific basis for the use of hypotonic

solutions with ultrasonic liposuction[J]. Aesth Plast Surg, 2006,30(2):233-238.

[6] Robles-Cervantes J A, Martinez-Molina R, Cardenas-Camarena L. Heating infiltration solutions used in tumescent liposuction: minimizing surgical risk[J]. Plast Reconstr Surg, 2005, 116(4):1077-1081.

[7] Bird G, Albert C.Nitrous oxide as an adjunct in tumescent liposuction[J].Cosm Dermatol, 2005,4(4):267-271.

[8] Johnson D S, Cook W R.Advanced techniques in liposuction[J]. Semin Cutan Med Surg, 1999, 18(2):139-148.

[9] 陈刚. 治疗药物监测[M]. 北京:人民军医出版社,1988:332-340.

[10] Ichikawa K, Miyasaka M, Tanaka R, et al. Histologic evaluation of the pulsed Nd:YAG laser for laser-lipolysis[J].Lasers Surg Med,2005,36(1):43-46.

[11] Kim K H, Geronemus R G. Laser lipolysis using a novel 1064nm Nd:YAG laser[J]. Dermatol Surg,2006,32(2):241-248.

[12] Badin A Z, Gondek L B, Garcia M J,et al. Analysis of laser lipolysis effects on human tissue samples obtained from liposuction[J].Aesthetic Plast Surg,2005,29:281-286.

[13] Prado A, Andrades P, Danilla S, et al.A prospective, randomized, double-blind, controlled clinical trial comparing laser-assisted lipoplasty with suction-assisted lipoplasty [J]. Plast Reconstr Surg,2006,118(4):1032-1045.

[14] 毕胜,李世荣,杨东运,等.不同温度肿胀麻醉液对利多卡因血药浓度的影响[J].中国美容医学,2009,18(10):1405-1406.

[15] 刘毅.脂肪移植的基础与临床[M].北京:军事医学科学出版社,2009:37-49.

[16] 国家药典委员会.中华人民共和国药典[M].北京:化学工业出版社, 2001:451-453.

[17] 刘毅, 马丽梅, 张斌,等.脂肪抽吸术吸出物中利多卡因的浓度测定及其意义[J].中华医学美学美容杂志,2005,11(3):170-171.

[18] Senen D, Adanali G, Ayhan M, et al. Contribution of vitamin C administration for increasing lipolysis[J]. Aesthetic Plast Surg,2002,26(2):123-125.

[19] 刘毅,马丽梅,张斌,等.吸脂术中肿胀麻醉的安全性评价[J].西北国防医学杂志,2005,26(4):241-243.

[20] 朱晓海,何清濂,林子豪,等.吸脂术中大剂量使用利多卡因的血药浓度监测及意义[J].中华整形烧伤外科杂志,1999,15(1):26-28.

第四章
脂肪抽吸术

第一节 概 述

脂肪是人体组织的重要组成部分，它一方面具有缓冲外力、储存能量的作用，另一方面又是人体重要的塑形物质。没有脂肪，人体各体表器官之间就不会产生平滑的过渡，形成美丽的曲线。因此，脂肪是体现人体（特别是女性）形态美的重要物质。但是，如果机体的营养过剩，也可引起脂肪细胞过度增长，从而造成肥胖。肥胖不仅危害人体健康，而且破坏人体形态。随着人们生活水平的提高，肥胖者也越来越多，减肥已成为一种时尚。

形体美是魅力的象征，人类历史上最早记录的形体是丰满的侧面形象。随着年龄的增长，人的形体也在不断地发生变化，主要表现为丰满的前胸和膨胀的腹部。形体美与身体脂肪的分布密切相关，如果某些区域脂肪分布过多，而在其他区域则缺乏脂肪，就不能产生形体美。随着年龄的增长，人体脂肪的分布也会不断发生变化，因此塑形应该是重新调整脂肪分布的过程。

人体脂肪的增加分为两部分，一是脂肪细胞的数量增加，二是脂肪细胞体积的增大。当一个人摄入的能量大于消耗的能量时，多余的能量便会以脂肪的形式储存在机体内，身体就会逐渐变胖；反之，如果一个人摄入的能量过少，体内的脂肪便逐渐被消耗，身体也就越来越瘦。大多数肥胖者都明白这一道理，为此也进行过尝试，但往往因方法不当，最终失去信心，转而求助于手术减肥。手术减肥虽然可达到立竿见影的效果，但毕竟减肥力度有限，对局部肥胖的效果较好，对全身肥胖效果不好。因此对于全身肥胖者，美容整形医师不应该"一吸了之"。

脂肪抽吸术又称吸脂术，是利用负压吸引和（或）超声波、高频电场、和谐共振及激光等物理手段，通过皮肤小切口或穿刺孔，将预处理或未经处理的皮下脂肪去除，并结合颗粒脂肪注射移植等技术，以改善和美化形体为目的的整形外科技术。它是美容医师经过审美评价，对求美者的形体进行再塑造，以获得求美者所期待的效果的过程。脂肪抽吸术属于形体雕塑术（body sculpturing）的组成部分，其特点是封闭、钝性、非连续切割。近年来，脂肪抽吸术的各种相关技术、器械层出不穷，其安全性、有效性稳步提高，抽吸部位已由腹部扩大到全身各个部位，并在面部除皱术、巨乳缩小术中获得广泛应用，成为最富有活力的整形美容手术之一。

脂肪抽吸术的命名较多，主要有脂肪去除术（lipexeresis）、脂肪溶解术（lipolysis）、负压辅助脂肪去除术（suction-assisted lipectomy，suction lipectomy）、钝性抽吸脂肪去除术（blunt suction lipectomy）、脂肪抽吸术（liposuction，adiposuction）、蜂巢状脂肪去除术（honeycombed lipectomy and collapsing surgery）、脂肪整形术（lipoplasty）、脂肪吸除整形术（suction lipoplasty）、脂肪吸除术（suction extraction of fat）、吸脂术（fat sucking）、脂肪吸取术（lipoextraction）、脂肪塑形术

(liposculpturing)、脂肪去除或填充塑形术(reduction or contour augmentation liposculpture)等。随着脂肪抽吸技术与设备的发展与完善,脂肪抽吸已不再是仅仅单纯地去除脂肪组织,而是结合颗粒脂肪注射移植、浅层脂肪抽吸等相关技术,通过去高补低,达到完美地塑造人体轮廓的目的,因此越来越多的整形美容外科医师将这种技术命名为脂肪塑形术或形体雕塑术。本书采用国内普遍采用的通用名称——脂肪抽吸术。

第二节 脂肪抽吸术的发展历史

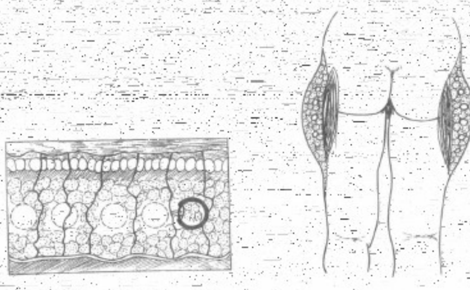
人类进行形体雕塑的历史悠久,几乎伴随着整个人类发展史。公元前3万年起,人类就采用非手术方法改变面形和体形。各民族都有其独特的改造、美化形体的方式。659年,Paul首次采用手术方式进行人体塑形的尝试(乳房缩小术),但直到19世纪40年代,麻醉术的诞生才使安全地实施人体塑形手术成为可能。19世纪末,Marks、DeMars及Kelly成为形体塑形手术的先驱。

形体雕塑术是指采用手术方式改善躯体(特别是乳房、腹部、髂腰部、臀部、大腿及上臂)形态的一类外科手段。形体雕塑术经历了开放式手术和封闭式技术两个发展时期。法国人Marks和DeMars于1890年首次报道采用脐下横行卵圆形切口切除腹壁皮肤脂肪,之后Kelly、Pitanguy、Fischl、Barraya、Elbaz等相继报道了横形、纵形切口或联合式腹壁皮肤脂肪切除术;Mornard于1938年提出脐移位术,并分离脐上的腹壁皮肤脂肪瓣;其后历经诸多整形外科医师的改良,直到20世纪70年代,Baroudi、Regnault等相继报道的低位W形切口被广泛接受,才形成较为固定的术式,即开放式手术。开放式手术属于传统外科技术,即在直视下连续广泛地切除皮肤及脂肪,因其创伤较大,在改善形体缺陷的同时遗留了长而明显的切口瘢痕,不易被患者接受。目前看来,开放式手术主要适用于老年患者、皮肤极度松弛或腹壁肌肉筋膜松弛的患者。与传统外科手术不同,封闭式技术是指保持术区皮肤的相对完整性,在盲视下将皮下脂肪去除,从而使小切口去除脂肪成为可能。封闭式技术的发展经历了封闭式连续分割技术、封闭式间断分割技术及其发展完善阶段。20世纪20年代,法国人Dujarrier首次尝试经小切口去除下肢脂肪,因感染或损伤血管致使一名著名舞蹈演员截肢,造成了较大的负面影响,此后许多年无人再采用此种手术方式。20世纪40年代,美国医师John Pangman采用小型子宫刮匙进行颏下脂肪刮除,取得了较好效果,但未引起其他人的注意。1964年,德国整形外科医师Joseph Schrudde采用子宫刮匙为一位年轻女性进行踝部脂肪刮除术,整个手术在盲视下进行。在之后数年,他采用同样的方式对150余名患者进行了臀部、大腿、膝部等部位的脂肪刮除,效果满意。1972年,他报道了这种手术方式,并称之为脂肪去除术,开创并推广了封闭式脂肪去除术,成为脂肪抽吸术的前驱。与开放式手术相比,脂肪去除术切口小,手术后无切口裂开、瘢痕增生等并发症,但手术后血清肿、血肿、皮肤表面凹凸不平等并发症较多,目前已无人使用。

在Schrudde的启发下,20世纪70年代中期,意大利的Arped和George Maurice Fisoher使用旋转型吸刮器,首次采用负压吸引,通过吸管将已切除的脂肪吸出,部分患者手术效果较好,但另一些则有血清肿、血肿导致较大的假性黏液囊肿。同一时期,瑞士人Ulrich Kesselring进一步完善了封闭式技术,他设计了一种新的吸刮器,长约40cm,吸头形似鲨鱼嘴,开口处有一桥状刀片,吸管连接吸引装置,脂肪吸入侧孔后被刀片切刮吸除,皮下组织被整层切除,形成一层状空隙,称之为吸引辅助脂肪切除术。其适用范围较为局限,仅适用于青年患者(<35岁)的轻中度骑士臀畸形。

由于对操作者的技术水平要求较高，目前已很少有人使用。

20 世纪 60 年代，随着比基尼等服饰的出现，女性身体的显露区域逐渐扩大，明显的瘢痕及皮肤表面不平整无法被掩盖，对整形美容外科医师提出了更大的挑战，迫使其寻求新的方式塑造人体。1977 年法国整形医师 Yves-Gerard Illouz 在 Eisoher 等人的启发下提出脂肪溶解术（lipolysis），即手术前在皮下注射配制好的低渗液体（1000ml 生理盐水＋200ml 蒸馏水＋10000IU 玻璃酸酶＋60mg 利多卡因），使细胞肿胀、细胞膜破裂，然后采用钝吸管（吸头、吸管侧孔均圆钝）将脂肪吸出，开创了钝性湿性技术（blunt wet technique）及隧道技术（tunnel technique）的先河（图 4-1），确立了高负压、皮下脂肪预处理、非连续切割及皮肤回缩四项原则，创立了经典脂肪抽吸术（traditional liposuction，TL），成为现代脂肪抽吸术的创始人。1981 年该项技术传至美国。1983 年，美国整形与重建外科医师协会主席 Mark Gorney 责成最高荣誉委员会观察评价 Illouz 技术和 Kesselring 技术，其评估报告宣称：委员会一致认为，由训练有素的医师所实施的 Illouz 技术，是一种安全有效的手术方式，取得了迄今为止其他技术所未能达到的最好效果。最高荣誉委员会的评估报告对现代脂肪抽吸技术在美国及世界范围内的推广起到了极为重要的促进作用，此后众多的整形外科医师采用并发展了该项技术。现在看来，Illouz 的“脂肪溶解术”命名并不准确，Fournier 通过病理检查发现，无论是否采用湿性技术，并未发现脂肪细胞溶解或损伤的证据，但 Illouz 湿性技术促发了超湿性技术及肿胀技术的产生。



A　　B

图 4-1　隧道技术及 Illouz 技术
A. 隧道技术　B. Illouz 技术

Fournier 于 1983 年提出不注射任何液体药物的干性技术（dry technique）。他认为采用干性技术可节省时间，不易导致组织变形，对脂肪细胞的破坏小，抽吸更精确。但该方法损伤大，大量抽吸时出血多，易导致低血容量休克，且需麻醉医师辅助完成，不利于门诊开展，目前已很少使用。Teimourian 于 1987 年首先提出超干性技术（superdry technique），即在四肢行脂肪抽吸时采用止血带，局部不注射局麻药物。其优点为出血少、抽吸准确、脂肪细胞的损伤较少，但由于临床应用较少、适用范围小、无临床对照试验证实其优点。Fodor 于 1986 年在湿性技术的基础上提出超湿性技术（superwet technique），即注射与预计抽吸脂肪相同量的含有肾上腺素的盐水，加或不加利多卡因。Klein 于 1987 年首先提出肿胀技术（tumescent technique），亦称为皮下超量灌注，即在皮下注射预计抽吸脂肪量 2～3 倍的含有肾上腺素和利多卡因的生理盐水，使组织肿胀变硬。Mckayw 于同年提出，在肿胀液中加用碳酸氢钠可中和酸性，减轻注射时的疼痛。肿胀技术有许多优点：①提高局部麻醉效果，避免了全身麻醉的潜在危险，使脂肪抽吸术在门诊广泛开展成为可能；②止血效果好；③皮下注射超量液体可减少静脉输血、输液；④放大皮下脂肪，抽吸损伤小而精确，手术效果较

好，局部无凹凸不平。但是过量注射肿胀液可能导致循环负荷过重及药物的毒副反应。研究表明，大约 70%的灌注液存留体内，除手术后渗出外，大量的液体经血管吸收。因此 Klein 认为肿胀法吸脂时，大量灌注液会进入血管内，不需要静脉补液，但维持静脉通道还是必要的。术中补液需根据以下几方面来决定：①术前缺水量的补充：根据禁食时间长短而定；②维持输液量：吸脂为中等创伤手术，输液量为 5～6ml/kg，术中根据血压、呼吸、心率及尿量的监测调整输液量及输液速度；③术中丢失量的补充：Trott 认为，应用超灌注技术时，在吸脂总量超过 4L 时需补液，每超过 1ml 补充 1ml；而美国整形外科医师协会认为，应用肿胀技术、抽吸量＞5L 时才需补液，每超过 1ml 补充 0.25ml。

注射器脂肪抽吸术（syringe liposuction，SL）由意大利整形外科医师 Geoge Fisoher 始创于 1974 年，报道于 1976 年；法国美容外科协会主席 Fournier 于 1985 年发展和推广了该项技术；1989 年戚可名率先在国内推广并发展了注射器法脂肪抽吸术。Zocchi 等于 20 世纪 80 年代末（1988 年）发展了超声吸脂术（ultrasound-assisted liposculpture，UAL），即内源性超声技术；自 20 世纪 90 年代中期以来，超声吸脂术较为盛行。Pitman 于 1997 年通过临床对照研究提出，目前超声吸脂的器械并不完善，不宜大量应用于临床，需进一步改进。1998 年，美国医师 Silberg 提出外源性超声波脂肪抽吸术的概念，具有出血少、去除脂肪组织的速度较快、抽吸时没有阻力、可以有效治疗奶酪样畸形、能抽吸浅层脂肪等优点。20 世纪 90 年代末，美国整形外科医师 Steven Hoefflin 发明了低渗药物性脂肪溶解术（hypotonic pharmacological lipo-dissolution，HPL）。HPL 技术分为两个步骤：①首先在皮下注射收缩血管的溶液，然后注射影响细胞渗透性的低渗溶液，使之肿胀，以增加脂肪细胞对超声波的敏感性；②应用外源性超声波乳化脂肪细胞液，乳化液＜250ml，大多可自行吸收，乳化液较多者可采用负压吸引抽吸术。近期有学者提出高强度聚焦超声波、声能的谐振扩增概念，可在有效去除脂肪组织的同时减少超声波的能量，并减小抽吸导管的直径，以减少手术后的并发症。电子吸脂（electronic liposuction）由意大利的 Ceccrelli、Bertani、Erri Cippini 于 1994～1995 年首先应用于临床，1995 年通过了欧洲共同体（TUV）的鉴定。2000 年第二代电子脂肪抽吸机应用于临床，操作较前代简便，效果良好。自动往复式脂肪抽吸术（power-assisted lipoplasty，PAL）分为气动和电动两种类型，1999 年由 Fodor 首先发表了临床报告。他认为气动往复式脂肪抽吸术可以减轻施术者的劳动强度，出血量、手术后水肿、色素沉着、手术效果等与负压吸引脂肪抽吸术无显著差异。1994 年，美国整形外科医师 Apfelberg 首先报道了激光辅助脂肪抽吸术（laser-assisted liposuction）方面的研究情况。与传统技术相比，激光辅助脂肪抽吸术无明显优越性，而且存在需要额外投资、术者需特别培训、操作不便及机器噪声大等缺点，因此，FDA 不再资助此项技术的研究。但近期 Neira R. 报道采用低强度激光辅助脂肪抽吸取得较好的效果。1984 年，Teimourian 等首先报道内镜辅助脂肪抽吸术（endoscopic-assisted liposuction），之后，Hallock（1995 年）、Friedlander（1996 年）也将内镜应用于脂肪抽吸。但在临床实践中，使用内镜辅助吸脂的意义有待探讨。

浅层吸脂技术由巴西人 de Sonza Pinto 等于 20 世纪 80 年代提出，90 年代发展成熟。该技术采用直径＜3mm 的吸管，在局部肿胀的情况下进行浅层脂肪抽吸，可抽吸至真皮下血管网，并切断皮下纤维隔，解决了皮肤松弛、奶酪样畸形等问题，大大扩展了脂肪抽吸的适应证，使手术后效果更加完善，但对脂肪抽吸技术要求较高。直立位脂肪抽吸塑形术（orthostatic liposuction）由意大利人 Giorgio Fischer 于 1995 年提出，采用立位手术床，使患者站立，以消除重力影响，纵向抽吸，愈合后产生一系列垂直纤维带支持术区皮肤，称为 Fischer-琴式技术。Senen D. 等于 2002 年提出，在抽吸局部注射维生素 C 可以激活脂蛋白脂酶的活性，以增加脂肪的溶解；也可以促进胶原的合成，以增加局部纤维化。

20 世纪 70 年代后期，由于脂肪抽吸术的出现，使形体雕塑获得了迅速发展。脂肪抽吸术于 1987 年传到我国，由济南市中心医院的韩秉公和周兴亮率先开展，并在 1988 年报告了 102 例经验，其后各大医院相继开展此项工作，并将其视为减肥和形体雕塑的安全术式。

第三节　脂肪抽吸术的方法

脂肪抽吸术是利用抽吸装置将人体多余脂肪吸除的手术，不仅有减肥整形的作用，还可以改善机体的运动功能，可同时达到减少脂肪细胞体积和数量的目的，术后可获得良好、持久的整形效果。整形外科医师最早对肥胖者采用切除大量腹壁、臀及四肢悬垂的囊袋皮肤及脂肪来达到减肥效果，但未能完全实现重塑体型的良好效果。20 世纪 70 年代，由于脂肪抽吸技术的出现，特别是 1987 年 Klein 发明肿胀麻醉技术以来，形体塑造获得了迅速发展。随着脂肪抽吸技术与设备的发展，抽吸部位已由腹部扩大到全身各个部位，并在面部除皱术、巨乳缩小术中获得广泛应用。从吸脂设备发展来看，从 20 世纪 70 年代至 21 世纪初先后有负压吸引机、超声吸脂机、电子吸脂机、共振吸脂机及激光吸脂机等吸脂设备问世，目前在吸脂减肥手术中各种方法并存。

一、负压脂肪抽吸术

20 世纪 70 代中期，意大利的 Arped 和 Geoge Fisoher 开始利用吸引器，通过小管依靠负压进行皮下脂肪吸引，创造了负压吸引减肥法(图 4-2～图 4-4)，并历经湿性抽吸技术、干性抽吸技术，直到 1987 年 Klein 发明肿胀麻醉技术，负压吸脂减肥法才广泛应用于临床。由于肿胀麻醉具有安全、失血量少、组织损伤轻、麻醉作用时间长、止痛效果好等优点，它一经问世即使吸脂减肥术成为广泛开展的门诊手术。

传统的吸脂术主要在全身麻醉或脊膜外麻醉下，利用电动负压吸引器吸脂，不但费力，而且在吸除脂肪细胞的同时还将较多的皮下血管、神经末梢一起破坏，易发生出血和血肿，术后易出现皮肤凹凸不平、麻木等并发症。自肿胀麻醉技术应用以来，负压吸脂术由损伤大、出血多、并发症发生率高转变为仅需局麻，且损伤小、出血少、并发症发生率低。陈誉华等总结了 150 例肿胀麻醉下的

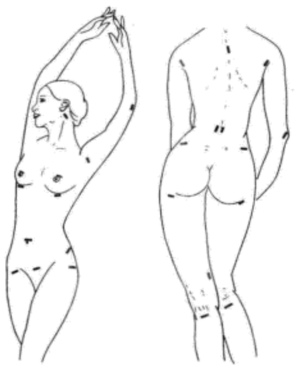


图 4-2　脂肪抽吸的进针位置

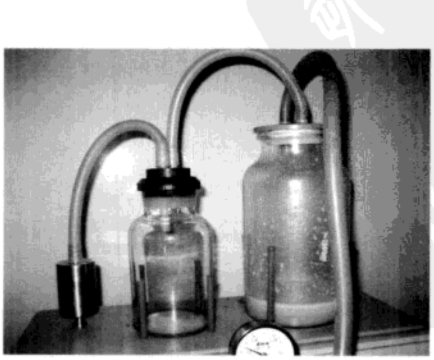


图 4-3　负压抽吸装置

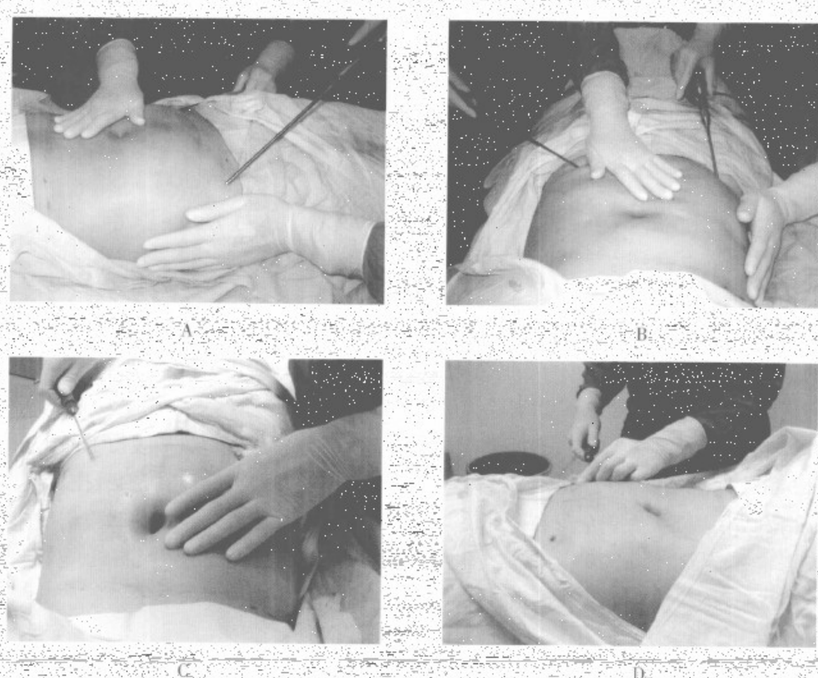


图 4-4　负压吸脂法

负压吸脂术，皮下脂肪肿胀液注入量为6000~13000ml(平均8000ml)，脂肪吸取量为900~7500ml(平均1600ml)，肿胀液按生理盐水1000ml+2%利多卡因20ml+肾上腺素2ml+5%碳酸氢钠20ml比例进行配制。术后患者即可下床活动，无不良反应。该组病例中仅1例因左股吸脂致股外侧血清肿形成，经加压包扎2周恢复正常；其余病例术后随访半年至2年，吸脂处外形美观，无并发症发生。王彪等用该法对22例女性行吸脂减肥术，采用XYQ-2型脂肪抽吸机及吸头，肿胀液按生理盐水1000ml+2%利多卡因30ml+肾上腺素1mg比例进行配置。术后外形明显改善。术后随访1~12个月，发现术区皮肤均有不同程度的肿胀，部分受术者有小范围淤斑出现，有3例出现轻度皮肤凹凸不平，未出现药物毒副作用，无血肿、血清肿、皮肤坏死、切口感染及其他严重并发症发生，认为肿胀吸脂完全可在局麻下进行，安全性高，术后恢复快。大量稀释的利多卡因溶液浸润于皮下，使组织肿胀、坚实，从而引起血管结构压缩，加上肾上腺素的应用，是失血量减少的最重要因素。因吸脂术主要吸除脂肪，而不破坏其间的网状纤维隔结构，供应皮肤及脂肪细胞的血管、神经行走其内，它的保留是吸脂后皮肤得以弹性回缩的主要因素之一(图4-5)。因此，国外学者为达到减肥和塑形的目的，要求进行全层(即浅层和深层)脂肪抽吸(massive all layer liposuction，MALL)，抽吸完成后仅保留真皮下层脂肪团，其术后塑形效果较好(图4-6)。

负压吸脂术的常见并发症有皮肤凹凸不平、两侧不对称、皮肤坏死、血肿、皮下积液、切口延迟愈合、皮肤感觉迟钝、色素沉着、慢性硬变、顽固性水肿等。上述不对称、不平整、皮肤坏死等均与操作不规范、不熟练有关。

注射器法脂肪抽吸术由意大利整形外科医师Geoge Fisoher创始于1974年，与电动法脂肪抽吸术相比，它的器械更简单，操作更方便，因此临床应用更广泛(图4-7)。结合肿胀技术的注射器法脂肪抽吸术成熟于20世纪90年代，Fournier P. F. 认为注射器的抽吸作用和机器一样，当抽出注

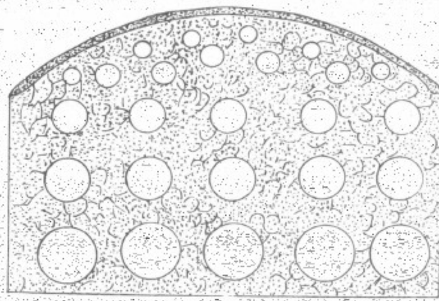
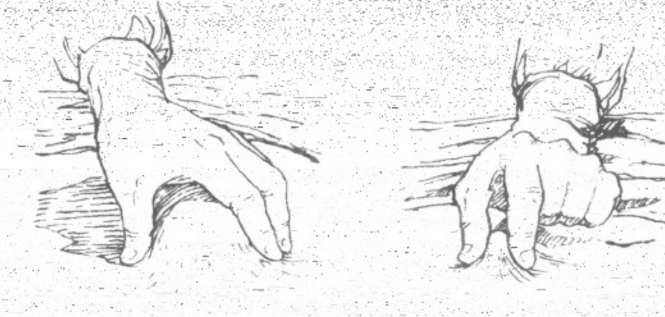


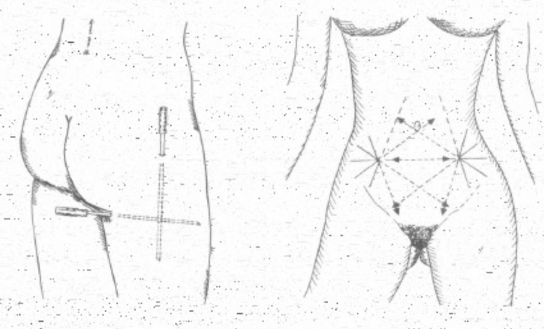
图 4-5 脂肪抽吸示意图



A B

图 4-6 吸脂前后对比

A. 吸脂前 B. 吸脂后



A B

图 4-7 注射器法吸脂术的进针部位及骑士臀抽吸方法

射器管芯后形成真空，相比之下没有死腔或死腔很少（图 4-8）。Mande 通过研究证明，注射器法脂肪抽吸术失血量相对少，血红蛋白由术前的 142g/L 降至 121g/L，而电动法脂肪抽吸术失血量较多，血红蛋白由术前的 143g/L 降至 104g/L，术后 2 周为最低。杨韩芳总结了 68 例 71 个部位的注射器法脂肪抽吸术，认为其操作简便，出血量少（最多为 20ml，最少为 5ml），创伤小，相对较安全。淤血、淤斑、水肿是吸脂术后 24 小时最常见的并发症，除会阴部吸脂术后需休息 1 天、口服氢氯噻嗪 50mg 外，其余均很快消退，24 小时后可正常工作。随访 30 例，半年后无反弹，无皮肤凹凸不平。注射器法脂肪抽吸术虽然有创伤小、出血量少、并发症少等优点，但因吸脂速度慢、吸脂不彻底而影

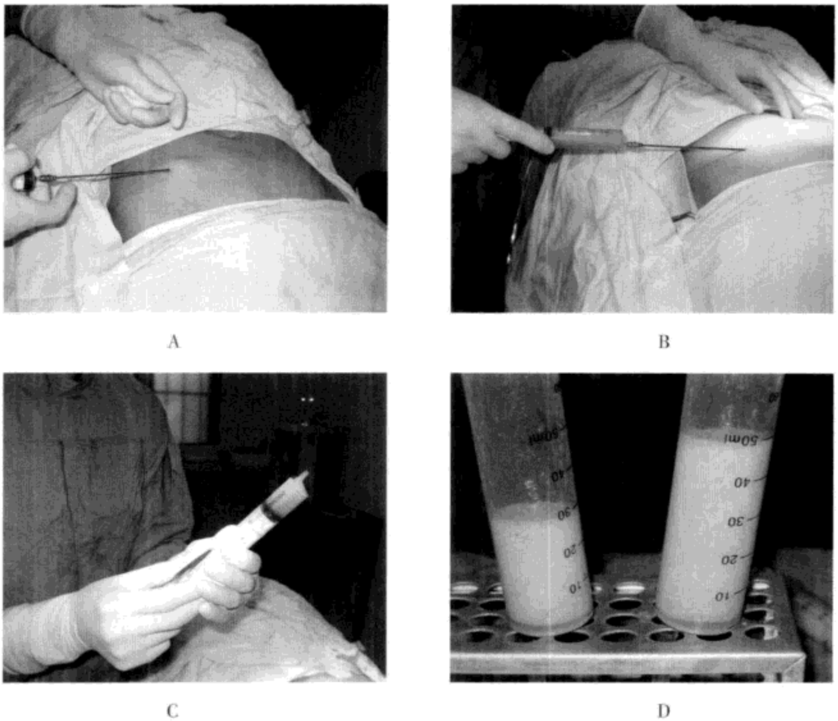


图 4-8　注射器法脂肪抽吸术

响其效果，仅适用于颌颈、上臂等暴露部位的小范围吸脂。

此外，赵国辉等自行研制的高频电凝切吸脂机也是利用负压吸脂术的原理，脂肪被负压吸引凸入外刀进脂孔，随即被高速旋转的内刀剪切下，同时用电凝止血，碎脂经内管吸出。该器械的去脂原理不同于普通吸脂管的钝性刮吸，而是由间隙甚为微小、紧密配合的内外刀锐性电动剪切去脂，无论是脂肪还是较为坚韧的乳腺腺体等，只要在负压下凸入外刀进脂孔，就立刻被切下吸出。因此用该器械吸脂具有切口微小、出血量少、手术时间短、恢复快、安全、疗效可靠等优点；但缺点是锐性切割后的碎脂不能进行脂肪颗粒移植或移植后液化、吸收更严重，如操作不当易损伤深部血管神经及表面皮肤。

总之，负压脂肪抽吸术因操作简单、价格便宜，在我国应用最为广泛。

二、超声脂肪抽吸术

超声脂肪抽吸术由意大利的 Zocchi 于 1992 年首先应用。超声去脂器由超声发动器、超声传感器、连接线及钛金属探头组成，其原理基于两点：一是超声波在液体中传导时产生的膨胀与压缩周期作用，二是人体脂肪组织与液体相似的低密度特性。一定强度的超声波作用于脂肪组织，最终出现物理学上的空穴效应，导致脂肪细胞膜破裂，细胞间连接松散、分离。手术时细胞碎片连同脂肪细胞膜基质、组织间液及浸润液体共同形成一种乳化剂，通过细小的引流口排出体外，也可连接负压吸引器，达到去脂目的。超声脂肪抽吸术常规应用肿胀麻醉技术，其肿胀液配置与负压脂肪抽吸术基本相同。超声脂肪抽吸术选择性高，只针对脂肪组织，不损伤血管神经，故组织损伤轻，出血量少；吸脂过程只减少脂肪细胞中的液体部分（脂肪酸），而高密度的固体部分仍留在原来位置，使术

后皮肤显得平坦光滑;对皮肤松弛者去脂可用超声探头刺激皮肤内表面,使皮肤出现收缩效应,达到更好的美容效果,体现了这一方法的优越性。但超声吸脂时仍需将乳化的脂肪挤出或用负压吸出,且碎脂过程中产热,热损伤周围组织的缺陷将其优点几乎抵消。

超声脂肪抽吸术的并发症和最终美容效果可能与吸脂时的组织温度有关。为此,超声去脂器不断改进,发明了带鞘超声探头及体外超声辅助吸脂术,在一定程度上克服了超声脂肪抽吸术的不足。超声去脂器的探头早先设计为实心,其缺点是操作的盲目性,并且手术中需第二步挤压或负压吸引乳化的脂肪组织,手术时间延长;而空心探头可克服这一缺点,手术医师可观察到脂肪被超声乳化的效果,同时可以观察吸脂速度及吸脂量,缩短了手术时间。但 Zocchi 认为湿性环境有利于超声波的传递,空心探头可将液体吸走,不利于超声波传递。带鞘超声空心探头则集中了两种探头的优点,既保持了空心探头的优点,又以持续的同步生理盐水灌注使超声探头始终在湿性环境下工作,有利于超声波的传递。并且,持续的同步生理盐水灌注可以经过外鞘直接降低超声探头的温度,从而降低组织温度,避免热损伤。

体外超声辅助脂肪抽吸术是利用超声的原理,调整超声波强度于 2.6～3W/cm^2 之间,置探头在体外碎脂,比较体内、体外超声及单纯负压吸脂术的临床疗效后发现,体外超声可以最快速度使脂肪乳化,且术后并发症最少;体内超声次之;单纯吸脂法并发症最多。尽管体外超声吸脂术是一种更有效、更安全的局部减肥方法,但它仍不能克服超声引起组织热损伤及二步手术吸脂的缺点,且价格昂贵,限制了该法的普及应用。此外,超声波可以刺激皮肤回缩,使皮肤松弛者获得更为满意的效果。

三、电子脂肪抽吸术

电子脂肪抽吸术所用设备为高频电场吸脂机,由意大利整形医师经多年研究于 1994 年发明并推出。这项技术的原理是在两个电极之间产生一个高频电场,依靠这个高频电场使局部过多的脂肪组织团块破碎、液化呈乳糜样,并将其吸出,每治疗 1 小时,大约可吸出脂肪 1.5kg。电子脂肪抽吸术的特点为:①可根据需要设置多种强度,对不同韧度的脂肪-纤维组织选用不同程序进行处理,适用于全身各部分去脂;②在抽吸的同时,可在附近以不同速度连续灌注局麻肿胀液,既稀于破碎的脂肪纤维组织及时清除,又可补充、巩固麻醉效果,而且只需其他肿胀麻醉用药的一半;③出血量少,与高频电场的局部热凝效应有关;④吸头为两种粗针孔,术后创腔无须置引流管,电极入口无须缝合而自愈;⑤微机控制,方便临床操作及术后记录,而且手术满意率可达 99.1%;⑥仅有血清肿、皮下淤血等并发症。

但该法亦存在不足,如:去脂速度较负压吸脂法慢,同时吸出的脂肪已破坏,不能用做脂肪颗粒移植;作为新技术,其机器和消耗性材料价格较贵;手柄及其连线对于长时间操作而言不够灵巧。在范围广、脂肪层厚的部位吸脂,可采用 4～6mm 吸头。浅层用电子去脂,可明显提高去脂速度,也可减少对浅层纤维隔的损伤。国内甘学文等报道,利用电子脂肪抽吸术行颈部脂肪抽吸取得较好的临床效果。

总之,电子脂肪抽吸术重在形体修缮,虽可达到立竿见影的效果,但非减肥治疗的理想方法,它只是一种理想的吸脂技术,为临床进行形体塑造提供一种较好的方法(图 4-9)。

四、和谐共振脂肪抽吸术

20 世纪 90 年代之后,随着肿胀麻醉技术的应用,吸脂减肥已从原来的干性锐性吸脂进入低创性吸脂阶段。在以上介绍的三种吸脂方法中,电子脂肪抽吸术、超声脂肪抽吸术在注重了低创伤的

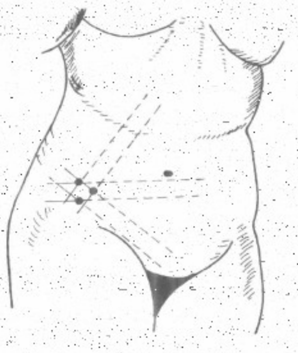


图 4-9 双极电针进针位置

同时却存在吸脂速度太慢、吸脂量少等缺陷，负压脂肪抽吸术则因出血量较大，其低创性还有待进一步探讨。和谐共振脂肪抽吸术是在肿胀麻醉下用振动及低负压作为吸脂动力，利用高频振动将肿胀麻醉后已肿胀的脂肪组织震碎，再通过低负压吸出体外。该法有吸脂速度快、出血量少、吸脂量大、术后皮肤表面光滑平坦等优点。其在使用和谐共振脂肪抽吸术时利用超低浓度灌注，将利多卡因的浓度降至 0.015%～0.03%，术中麻醉满意，且安全性增高，提高了灌注速度与灌注量，可在超量灌注时压迫血管，减少出血。该法的优点还在于因灌注量增大，晕层脂肪组织间隙更大，吸管通过更容易、更自如，故晕层脂肪吸出更彻底、更均匀，术后皮肤回缩程度更大，表面更光滑，对皮肤松弛者达到更好的效果(图 4-10)。



A B C D

图 4-10 和谐共振脂肪抽吸术

该方法的不足之处与负压脂肪抽吸术相似，存在皮肤凹凸不平、两侧不对称、皮肤坏死、血肿、皮下积液、切口延迟愈合、皮肤感觉迟钝、色素沉着、慢性硬变、顽固性水肿等，只是在一定程度上减轻了这些反应，且并发症的发生与操作的熟练程度密切相关。如果在术前悉心准备，并用高频B超探测局部皮下脂肪的厚度及分布，并予以标记，做到心中有数，则能减少术后并发症的发生。

五、激光辅助脂肪抽吸术

激光辅助脂肪抽吸术（laser-assisted liposuction，LSL）的原理是利用激光所产生的热效应使脂肪破裂，然后通过负压吸引将其吸出体外，从而达到躯体塑形的目的。Dressel 于 1990 年提出利用激光进行脂肪抽吸的概念。同年，在美国 FDA 的资助下，Apfelberg 等五位整形外科医师开始研究激光辅助脂肪抽吸的临床双盲对照试验。1994 年，Apfelberg 首先报道了激光辅助脂肪抽吸术方面的研究情况。采用 40W 的 YAG 激光，脉冲周期 0.2 秒、各周期间隔 0.2 秒，通过激光纤维导入抽吸管，直至抽吸侧孔，由此发出激光束作用于组织。激光纤维伴行有冷却管，可持续灌注生理盐水冷却激光纤维头端。常规注射肿胀液，将激光抽吸管插入皮下组织，缓慢轻柔地往复移动抽吸管，避免直接负压撕脱。激光束作用于被吸入管内的脂肪组织，使之破碎乳化，脂肪乳化液在负压的作用下吸出。

国内曾令寰等进行了激光吸脂术的实验研究，并在 Apfelberg 的基础上进行了一些改进，取得了较好的疗效。实验病理显示，激光吸脂术隧道边缘光滑，有较多凝固性坏死组织，呈均匀红染；而常规吸脂术隧道边缘毛糙，为胶原纤维组织。说明常规吸脂术造成术区组织撕脱性损伤较激光吸脂术严重，这种撕脱力必然造成血管破裂而引起出血，而激光则正好起到凝固血管止血的作用。

长期以来，低能量激光一直用于促进创面愈合、减轻水肿和疼痛的治疗。2002 年，Neira 用低能量激光照射脂肪组织时发现，低能量激光照射 4 分钟时有 80%的脂肪从脂肪细胞中溢出，照射 6 分钟时则有 99 %的脂肪从脂肪细胞中溢出，经电镜证实是脂肪细胞膜穿孔，细胞内脂肪溢出到细胞外间隙，而细胞外间隙的细胞和毛细血管未受损伤。低能量激光辅助脂肪抽吸术可有效地促进脂肪溶解，缩短手术时间，从而降低医师的劳动强度，有助于医师提高手术精度，这与曹孟君等的报道相一致。另外，低能量激光对脂肪外的组织几乎无损伤，因此具有手术创伤小、术中出血少，术后水肿、淤斑、疼痛轻，术后恢复快等优点。此外，由于低能量激光可促进皮肤的回缩，术后皮肤凹凸不平的发生率更低，疗效更好。

激光辅助脂肪抽吸术可以降低操作强度，减少损伤，但采用肿胀技术后出血量已降至较为安全的程度，激光减少出血的意义不大，与传统技术相比，其无明显的优越性，且有设备昂贵、术者需特殊培训、易造成皮肤灼伤等缺点，因此，美国 FDA 不再资助该项目的研究，该技术也未能在国内得到广泛应用。

六、射频辅助脂肪抽吸术

射频辅助脂肪抽吸术（radiofrequency-assisted liposuction）是在 40.68MHz 高频电场作用下，利用射频令机体中的分子和离子剧烈振动、相互摩擦产生的热效应，使机体的表层和深层组织均匀受热，产生一系列的理化效应，从而达到给真皮胶原加热的效果，促进脂肪酸的分解和脂肪细胞的凋亡。脂肪组织对血流非常敏感，加热产生的充血可以增加局部的血流，释放出游离脂肪酸（FFA），从而增加脂肪分解，而局部血液中的儿茶酚胺又促进 FFA 释放到血液里。因为脂肪细胞的热损伤，甘油三酯从脂肪细胞中释放出来。甘油三酯在脂酶（LPL）的作用下容易裂解成游离脂肪酸和甘油，游离脂肪酸（脂溶性的）和血清蛋白结合，运送到肝脏，而甘油（水溶性的）通过组织间液运送到肝

脏,代谢后排出体外。Blugerman G.等利用射频辅助脂肪抽吸术治疗了23例大腿、下腹部及两侧腰部等不同部位脂肪堆积的患者,经6～12周随访,可明显改善身体曲线。术后所有患者均无严重的全身或局部并发症,但均感轻微疼痛。作者的研究表明,中等量的皮下射频脂肪抽吸术是安全、有效的。这种技术的最大好处是患者耐受好、恢复快,在6周时均基本恢复。然而,这仍是一种新的吸脂技术,其安全性和可行性及与传统吸脂技术比较的优势尚需更多的临床观察。

七、聚能震波脂肪抽吸术

聚能震波脂肪抽吸术(power assisted liposuction, PAL)是利用机械动力的新一代设备——聚能震波吸脂机(比利时Euroma公司生产)进行脂肪抽吸的新技术。聚能震波吸脂术的原理是:手柄利用压缩空气使吸脂针在10Hz的频率、5mm振幅做往复运动,经过吸脂针传导到吸头变成了振动,即旋转和往复的复合运动。据研究,这种运动可以有效地把脂肪从其附着部位脱离下来,使吸除更加容易,而且最大程度地保护了血管、神经等非脂肪成分。

脂肪抽吸术发展到现在,已经进入了一个比较成熟和大量开展的时期,正追求可以更精细控制吸脂的范围和层次,并减少医师的劳动量。目前的主要问题是,如何能够精确控制皮下脂肪保持厚度的一致性,如何进一步减少手术者的劳动强度。聚能震波脂肪抽吸技术由于减轻了操作者在手柄部的耗力,可以更好地集中精力控制吸头的运动范围和层次,使得抽吸部位更加均匀和一致,减少了术后的凹凸不平。内镜下可以看到脂肪组织被彻底吸除,而结缔组织呈网状保持完好。吸脂针分为3、4、5号,其外径分别为3mm、4mm、5mm。

聚能震波脂肪抽吸术在操作上有以下几个特点:①在肿胀液灌注完毕之后,利用手柄的振动进行对术区进行按摩,使肿胀液在脂肪组织的浸润更加均匀和完全。②抽吸孔的朝向问题:我们在实践中发现,由于吸脂针头高速振动,吸脂快速有力,因此很容易在皮下导致过度吸除点或者隧道,从而导致皮下凹凸不平。因此,我们在吸脂进程中一直保持抽吸口背向皮面,特别是在皮下脂肪大部分已经吸除后和进行修整时,经常要检查抽吸口的朝向,但在脐周有时候可以将抽吸口朝向皮面,以获得彻底的脂肪吸除。③振动力度的控制:聚能震波吸脂机有自动保护装置,遇到一定的阻力,吸头将自动停止振动。在结缔组织坚韧致密的部位,比如臀部、肩背部,容易发生振动停止,此时应该更换更细一点的吸管以减小阻力,而不应盲目加大振动压力,以免造成损伤或者凹凸不平,应该将振动工作压力控制在4bar以下(1bar=100kPa,为尊重日常使用习惯,这里不改为国际单位)。

聚能震波各部位脂肪抽吸的特点如下:

1 肩背部吸脂(包括肩部脂肪垫的吸除) 此部位皮下结缔组)织坚韧致密,皮肤厚实,不易推动和捏起,用3号吸脂管比较合适,用更粗的吸脂管因致密的皮下结缔纤维组织阻力过大而会自动停止,使得吸脂过程无法顺利进行。由于肩部脂肪垫往往是单侧的(右侧多见),因此在脂肪抽吸的过程中需要控制抽吸的量,以保持双侧对称。我们除了将双侧肩颈部均暴露在术野,以目测估计双侧对称性以外,还通过保持抽出的总量等于注入的肿胀液的量的方法保持其双侧的对称性。经实践检验,此法简单可靠。

2 上臂内侧吸脂 尺神经在肘部内侧尺神经沟经过时,浅处位于皮下,聚能震波抽吸管由于操作轻盈,有可能不慎损伤此处的尺神经(表现为小指不能伸直)。因此在上臂内侧进行脂肪抽吸时,要注意保护此处的尺神经。

3 胸部吸脂 胸部吸脂的主要目的是缩小乳房的基底部,重建乳房和胸廓之间的界限,在缩小乳房体积的同时使得乳房外观上更加挺拔。操作时宜选用3号吸管,仔细在皮下将脂肪吸除。抽

吸侧胸部位时应注意保护神经。

4 上腹部吸脂 由于上腹部皮肤比较柔软，皮下脂肪结构疏松，因此可以比较容易将脂肪吸除。但是由于胸廓的关系，需特别注意避免出现抽吸边缘的皮肤台阶。

5 下腹部吸脂 下腹部的皮肤最柔软，皮下脂肪最疏松，是脂肪抽吸最多的部位，也是最容易将脂肪抽吸得比较彻底的部位。但是在聚能震波下的大量脂肪抽吸，造成了皮肤和肌肉大范围的分离，加上此处没有骨骼支撑，如果加压包扎不确切，引流不彻底，可能形成血肿、积液甚至皮肤坏死。

6 臀部吸脂 臀部吸脂主要是指臀股沟上方的吸脂。此处皮下纤维组织特别发达，一般抽吸比较困难。聚能震波的振动吸头减轻了此部位的抽吸费力程度。臀部吸脂的时候，注意臀沟处不能吸除脂肪，或者只能吸除小量脂肪。因为要想通过吸除臀股沟处的脂肪修整下垂的臀部的效果是很差的，应该吸除臀股沟上方的脂肪，这样才能消除由于皮下脂肪堆积引起的臀部皮肤下垂，达到提臀的作用。

7 腰部和转子区吸脂 中国人转子区的脂肪不如欧美人那样明显。此部位的脂肪一般和臀部脂肪同时进行抽吸。此处皮下脂肪可以抽吸得比较完全，经过聚能震波的脂肪抽吸，透过抽吸口甚至可以看到阔筋膜。

8 大腿部吸脂 大腿部吸脂非常多见，仅次于腹部，以内侧和前侧多见。由于聚能震波吸脂轻松而快速，因此此部位的吸脂需要小心控制。大腿吸脂可以一直向下延伸到膝盖内侧。特别肥胖的人可以进行大腿前内外侧的脂肪抽吸，但一般不主张进行大腿一周的脂肪抽吸，以免发生淋巴回流障碍。

9 小腿吸脂 由于小腿部皮下脂肪比较薄，肌肉相对比较发达，对于女性来说又是暴露部位，因此要求吸脂的女性不少，但是真正符合吸脂条件的人并不多。很多女性实际上是小腿肌肉比较发达，而皮下脂肪的厚度较小。此部位的脂肪过度吸除后容易发生皮肤和肌肉粘连，造成行走时皮肤凹陷特别明显，因此小腿吸脂应慎重。选择合适的病例，尽量保持皮下 1cm 的脂肪在肿胀状态下，选择细针、低的振动强度，可以取得满意的效果。

聚能震波脂肪抽吸术具有操作省力、抽吸精确、深度控制简便、术后发生血肿和高低不平的概率较小的优点，对一些需要精细雕塑形体的部位尤为适合。

八、内镜辅助脂肪抽吸术

Teimourian 于 1984 年首先报道内镜辅助脂肪抽吸术（endoscopic-assisted liposuction），之后 Hallock（1995 年）、Friedlander（1996 年）也将内镜应用于脂肪抽吸，国内也有文献报道。脂肪抽吸术的严重并发症有肺栓塞、心脑血管意外、脂肪栓塞、深静脉栓塞、大块皮肤坏死、腹腔穿孔、肌筋膜综合征、周围神经损伤、感染等；常见并发症有出血、血肿、血清肿、严重皮肤淤斑、抽吸部位皮肤感觉减退、皮肤凸凹不平等。这些并发症绝大部分与手术操作技术不良有关，特别是与术区血管损伤出血有关。传统的脂肪抽吸术为盲视下手术，对血管等的损伤常常难以完全避免，而内镜技术的应用使盲视性操作变为可视性操作，同时可以进行内镜下的止血、缝合等，从而降低了手术创伤的程度，防止和减少了并发症发生。内镜辅助脂肪抽吸术的主要观察部位为腹股沟部、脐周部、股内侧部和肋缘下，该结果符合周兴亮教授的相对禁区理论和冯传波的危险区观点。内镜辅助脂肪抽吸术主要用于腹部、股内外侧部等抽吸面积较大的部位，对上肢、面颈部、胸部及乳房等部位的应用情况尚待研究。

内镜辅助脂肪抽吸术的目的在于直视下手术，以减少神经、血管等重要组织的损伤。采用小直

径吸管及肿胀技术的注射器法吸脂术对血管神经的损伤已较为轻微，故使用内镜辅助吸脂的意义有待探讨。

九、水动力脂肪抽吸术

水动力脂肪抽吸术是继电子吸脂、负压吸脂、超声吸脂、共振吸脂、聚能吸脂之后出现的新的吸脂技术，由德国品牌公司 HumanHed 研发。其原理是利用 Body-jet 水动力吸脂系统，采用螺旋式水刀，通过加压水流精确作用于目标组织，有选择地分离脂肪细胞和分层溶解脂肪细胞。运用水动力吸脂和分层融脂技术，可减轻血管和神经的损伤，且吸出的脂肪被破坏程度低，可用于颗粒脂肪移植，和注射器法吸脂相比，其具有治疗快速、其效果明显的优势。但该技术仅在国内少数几家美容机构应用，国内外尚未见文献对其疗效及观察的报道，仅见厂家及机构的宣传。

综上所述，脂肪抽吸术发展至今，并发症越来越少、越来越轻，但想要改善体型的求美者对吸脂术的要求也越来越高，由过去强调的安全性、治疗效果为主，到现在的兼顾手术时间长短、有无切口等问题，希望安全、奇效并存。随着相关学科技术的发展，脂肪抽吸术已从最初的吸宫管发展到各种吸脂工具的联合使用阶段。上述方法的作用都是形体修缮，而非减肥的理想方法，更非治疗肥胖症的主要方法。相信随着人体脂代谢的进一步研究，会出现更多、更好的减肥方法。

第四节 脂肪抽吸术在相关疾病治疗中的应用

一、脂肪抽吸术治疗脂肪瘤

脂肪抽吸技术很早就被应用于脂肪瘤的治疗。各种类型的脂肪瘤均可采用抽吸技术进行治疗。由于脂肪瘤与局部脂肪蓄积极为相似，抽吸的原则也大致相同。采用脂肪抽吸术治疗脂肪瘤有以下优点：①避免了较长的瘢痕形成；②多发性脂肪瘤可通过同一入路进行抽吸；③手术后患者疼痛轻，痛苦少；④手术后并发症少，恢复快。不过，脂肪抽吸术在治疗脂肪瘤时不能完整地去除瘤体的包膜，手术后复发率较高。但 Illouz 认为脂肪瘤的复发是由于残留的脂肪细胞增生所致，只要完整地去除脂肪瘤体，即使未去除包膜也不会导致复发。

单发性脂肪瘤为一孤立性凸起，抽吸时应注意中央区与外周区抽吸量的比例，以免形成阶梯样改变；其抽吸技术的应用及治疗原则与局部脂肪堆积相同。采用脂肪抽吸技术可以安全有效地去除多发性病灶，邻近的病灶可通过同一入路进行抽吸，复发时可反复抽吸。

二、脂肪抽吸术修薄皮瓣

皮瓣或肌皮瓣转移或移植后体积较为臃肿(如腹部皮瓣修复手部电烧伤后的深度创面)，为改善外观需修薄皮瓣以塑形。以往多采用皮下组织切除术，为避免皮瓣坏死须分次修薄。脂肪抽吸对皮肤血供损伤小，可一次完成修薄皮瓣，手术后并发症少。抽吸时应贴近真皮深面，手术后塑形好。对皮瓣转移形成的"猫耳"畸形，也可采用脂肪抽吸进行塑形。

脂肪抽吸术用于皮瓣修薄首先由 Hallock 报道，与传统方法相比，其优点在于切口小、对皮瓣血供影响小、恢复快、操作简单，修薄术可一次完成，疗程短、费用低，且安全性较好。关于皮瓣修薄整形的时机及脂肪抽吸对皮瓣的影响，Bui 认为对臃肿皮瓣吸脂整形至少应在皮瓣修复术后 3 个

月再进行。手术时应注意：①抽吸层次位于皮瓣深筋膜浅层，保留皮瓣下 2 mm 的皮下脂肪，防止术后皮肤坏死；②行扇形交叉拉锯式抽吸，以防止术后皮肤凹凸不平。国内余建新、杨艳清、宋慧峰等均对脂肪抽吸术的临床应用进行了报道。有学者认为皮瓣吸脂去薄后因皮瓣皮肤重新适应皮下脂肪的减少量，仍需加压包扎 2～3 个月，无须切除调整皮肤。

脂肪抽吸修薄皮瓣可在皮瓣转移的同时或手术后 3～6 个月进行，一般认为手术后 6 个月行脂肪抽吸皮瓣修薄术较为安全及有效。抽吸原则与其他治疗相同，操作时应轻柔，以避免损伤皮瓣的血供。修薄后若皮肤松弛严重，应行皮肤切除术。

三、脂肪抽吸术治疗巨乳症

脂肪组织肥大或增生仅存于浅层脂肪，蒙古人种肥胖者易在胸侧壁形成带状皮肤软组织皱褶，称之为和服样畸形，女性除乳房本身肥大外，其外上部的隆起可延伸至腋部。此外，乳房下皱襞下侧也可有脂肪增生，使乳房下皱襞变浅，影响乳房的形态。一般女性乳房的 50%以上为脂肪组织，女性乳房肥大是由于脂肪组织肥大和乳腺组织增生所致。Gray 认为，若女性乳房的 70%为脂肪组织，可导致乳房肥大或两侧不对称，脂肪抽吸可以取得较好的效果，手术后恢复快，不遗留瘢痕，并发症少，无皮肤坏死，并保留了乳头、乳晕的感觉功能。

通过巨乳缩小术的临床观察发现，乳房脂肪组织的含量与年龄无明显相关性，肥胖伴有巨乳者脂肪含量高；体形消瘦者脂肪含量不定，一般腺体成分多于肥胖者；此外尚有乳房基本为腺体组织，脂肪含量很少的患者。关于抽吸手术是否能抽出腺体组织曾存在较大争议，部分学者认为脂肪抽吸术仅能去除脂肪组织，而不能去除坚韧的乳腺组织。Stark 通过一组 58 例乳房抽吸术的研究证实，抽吸物中有 30%～40%为乳腺组织，故将其命名为组织抽吸术（tissue suction）。但乳腺组织的结构较为坚韧，用普通的抽吸针抽吸乳腺组织较为困难，术者容易疲劳，选择较锐利的抽吸针进行锐性切割后可将部分乳腺组织抽出。但脂肪抽吸能否造成原有癌组织的转移目前尚无定论，此外，组织抽吸对女性哺乳功能是否有影响仍需继续研究。

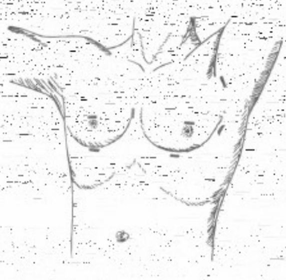
因此，侧胸壁、乳房间、腋窝等区域脂肪组织肥大增生者，采用脂肪抽吸即可取得满意的手术效果；女性乳房脂肪组织肥大者，脂肪抽吸效果较好；脂肪组织肥大、乳腺组织增生所导致的巨乳，单纯采用脂肪抽吸术也可以取得较好的术后效果；对于体质消瘦、乳房大而坚硬者，不宜行脂肪抽吸。脂肪抽吸术的最佳适应证为乳房含有较多脂肪成分及脂肪组织肥大、皮肤弹性好、轻微下垂。

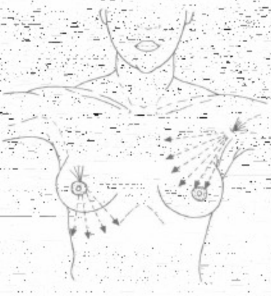
国内田玉东等报道双环切口结合肿胀麻醉吸脂缩乳整复术是针对不同的乳腺增生组织，通过脂肪抽吸、切除增生的腺体及腺体内脂肪，最大限度地缩小乳房体积。肿胀麻醉吸脂术不仅减少了乳腺腺体及血管、神经的损伤，而且吸脂后乳房皮肤与腺体之间仅有纤维条索状的乳房悬韧带相连，剪断纤维条索即可将皮瓣与深部的乳腺组织分离，使皮瓣游离易于操作，减少了术中出血。环形切口的外圆切口设计为近似椭圆形，环形切除纵轴方向的皮肤较横轴方向稍多，减少了空腔形成，提高了术后乳头的位置，有助于乳房的塑形。切口位于乳晕的外缘，一般较为隐蔽。

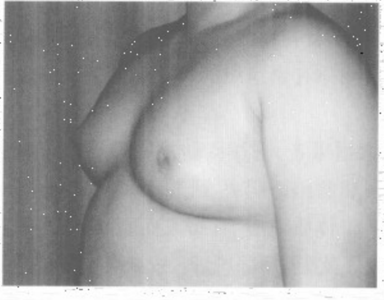
抽吸时的进针部位根据抽吸部位而定，可选择腋部（抽吸乳房外上部和腋部）、乳房下皱襞与腋前线相交处；也可选择乳晕边缘进针，但该处进针不易抽吸乳晕下组织。常规抽吸浅层脂肪组织，使皮肤表面平整光滑。抽吸针管的侧孔可以朝向皮肤内面，以刺激皮肤的回缩。抽吸乳房下皱襞下侧及外侧区域时，应加深乳房下皱襞，突出乳房。外侧象限应多抽吸，而内侧象限稍多保留一些组织，使其形态近似于半球状。抽吸时抽吸针刺入乳腺组织，同时抽吸脂肪及乳腺组织。术后应佩戴适宜的乳罩固定乳房，抽吸区域用弹力套加压包扎、塑形。

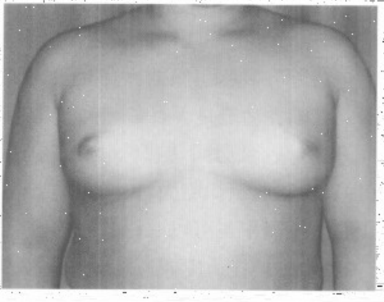
四、脂肪抽吸术治疗男子女性型乳房

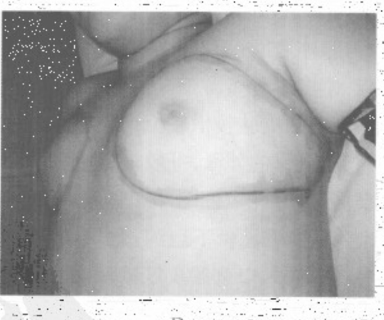
男子女性型乳房为男性乳房的良性肥大，分为真性男子女性型乳房和假性男子女性型乳房两种，前者由乳腺导管及导管旁组织增生所致，后者由脂肪组织蓄积或皮肤松垂所致。多数病因不明，对男性性征美学的影响较大。男子女性型乳房可分为轻、中、重三度，轻度患者去除增生的乳腺组织即可，中度患者尚需去除增生肥大的脂肪组织，皮肤松垂的中重度患者还需进行乳头的上提固定。传统的乳腺切除术术后并发症较多，例如血肿、瘢痕、皮肤凹凸不平、胸部形态不满意等；而采用脂肪抽吸技术，血肿发生率低，术后胸部形态好，对组织损伤小。部分学者认为脂肪抽吸术不能够去除乳腺组织，但近年来由于抽吸技术以及器械的不断改进完善，脂肪抽吸术已经成功地应用于乳腺组织，并且得到病理学检查的证实，部分替代了传统的外科切除技术（图4-11）。

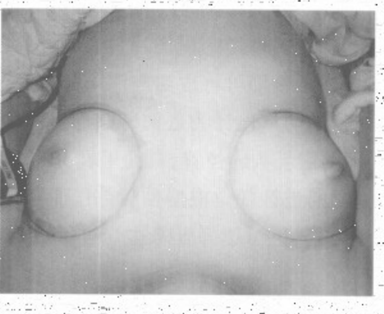

A


B


C

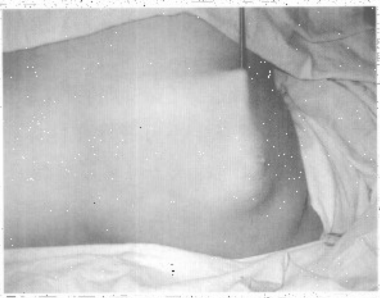

D


E


F



G



H

图 4-11　脂肪抽吸术治疗男子女性型乳房
A. 进针位置　B. 抽吸示意图　C、D. 术前　E、F、G、H. 术中

国内有学者采用脂肪抽吸加乳晕小切口治疗男子女性型乳房，得出以下几点体会：①麻醉效果好，持续时间长。利用肿胀麻醉技术，有足够的肿胀液对术区组织进行肿胀麻醉，保证了手术切除范围广的要求。注射于脂肪组织和腺体组织中的利多卡因大多随着脂肪的抽吸和腺体的切除而排出体外，从而使麻醉药吸收入血量控制在安全范围内；同时，肿胀液还可在乳腺组织与皮肤、皮下脂肪及胸大肌筋膜之间进行充分游离，经脂肪抽吸后腺体与周围组织界限清晰，再手术切除腺体时宜于操作，出血少，操作损伤小。②切除腺体组织时，相对于切口来说，要想完整地将腺体切除后再拿出，操作难道较大。所以，在术中可采用将腺体组织分区、分批的方式依次切除后再拿出，这样操作较为便利。③保留乳晕下 0.5～1 cm 厚乳腺组织，使乳头、乳晕的真皮下血管网的血供免受破坏，进而保证乳头、乳晕的血供；同时，后期又有利于乳头、乳晕固定在胸大肌筋膜上，防止其移位，减小了由于腺体切除后皮肤与胸大肌之间形成的腔隙，配合负压引流减少了术后创腔血肿和血清肿的发生，还可减小乳晕皮缘对位缝合的张力。④乳晕皮肤色素较深，切口位于乳晕边缘，术后形成的切口瘢痕较隐蔽不明显，吸脂针孔的切口小，愈合后瘢痕也不明显。⑤术后胸部创面常规加压包扎 2 周。因为术区创面较大，渗出多，加压包扎能减少创面的渗出，是防止术后血肿或血清肿的重要措施。

术前应仔细检查患者，通过掐持试验判断脂肪及乳腺组织的厚度，确定抽吸范围并绘制等高线，指导不同部位的抽吸量。对于需同时抽吸脂肪和乳腺组织的患者，应首先抽吸脂肪组织，进入腺体时有明显突破感，此时应加快抽吸频率，但腺体的抽吸较为困难。抽吸乳房下象限时，抽吸针管应穿过乳房下皱襞的皮下直至肋弓缘，以消除下皱襞。最后在乳晕旁切口进行乳晕下组织抽吸，使突起的乳头、乳晕平坦。抽吸结束后，加压包扎，并穿戴弹力服装 4～6 周。

五、脂肪抽吸术治疗腋臭

治疗腋臭的手术方法很多，有切除腋部皮肤和不切除的术式、二切口或四切口的术式，主要集中在如何破坏大汗腺方面，只是方法不同而已。传统的手术方法是将有腋毛的皮肤切除，直接或 Z 形缝合，其创伤较大，破坏腋窝的自然形态，伤口往往不能一期愈合，愈后瘢痕增生明显，严重时影响上肢抬高，特别是限制女性在炎热季节穿着无袖衫。一些改进方法如 S 形皮瓣法、小切口皮下毛囊剥离修剪法等也仅是切口选择的不同，容易出现皮下血肿、切口瘢痕、皮瓣坏死等并发症。在肿胀麻醉下进行汗腺层搔刮是脂肪抽吸技术在治疗腋臭中的应用。操作方法是标记腋窝毛际区，在肿胀麻醉下将术区皮下灌注得肿胀坚实，令腋窝凹陷处变平坦，便于抽吸。

PDG

抽吸方法同一般脂肪堆积。因腋窝部脂肪较少，每个抽吸隧道要反复抽吸4～5次，直至无脂肪抽出，并将过渡区域适当抽吸，使腋窝边缘光滑平坦。该方法简单易行，但术后腋臭易复发，主要是由于残留大部分大汗腺或已破坏的大汗腺重新复活。国内有学者利用射频消融对机体组织产生电脱水作用，致大汗腺发生不可逆性变性坏死的原理，利用肿胀麻醉下脂肪抽吸技术结合射频消融治疗腋臭取得良好疗效。该法可明显提高治愈率，降低复发率，且不影响皮瓣的一期愈合。

六、脂肪抽吸术在鼻唇沟整形中的应用

鼻唇沟是颊部与鼻唇部分界的解剖标志，并随机体老化而逐渐变深，是面部老化的显著特征。鼻唇沟的矫正一直以来是整形外科面临的难题，目前考虑最多的是如何用理想的技术得到长期持久的结果——较好的组织复位及较少的复发。鼻唇沟及沟内侧脂肪组织少，纤维连接多，纤维连接与颊上颌韧带相连并受其牵拉，组织比较致密，移位的空间很小；而沟外侧的组织比较疏松，脂肪比较丰富且松软，有较大的移动度。国内学者将鼻唇沟分为以下几类：①单纯颧下脂肪垫脂肪增多型；②鼻唇沟皱纹型；③鼻唇沟深沟型；④鼻唇沟外上皮肤松弛型；⑤颧脂肪垫脂肪增多加皱纹型；⑥颧下脂肪垫皮肤松弛加皱纹型。其中①③⑤型适合于单纯脂肪抽吸术，②⑥型适合自制针刀皱纹处真皮下剥离术加自体脂肪填充术，④型则较为少见，不适用本法。

年龄增长到一定程度后，脂肪组织发生萎缩下坠，但纤维组织萎缩的程度较轻，这样就会出现鼻唇沟外侧比鼻唇沟和鼻唇沟内侧下坠明显的情况，使鼻唇沟越来越明显。鼻唇沟是微笑形成的一个重要因素，在笑时加深。这时，如果试图通过注射充填物来填平鼻唇沟，注射物不太可能固定在沟底，极有可能会向两侧尤其是外侧移位，从而更加加重鼻唇沟的深度。针对鼻唇沟的形成原因和笑时明显加深的特点，理想的治疗方法应该是：切断鼻唇沟与颧颊部的联系，尽量去除鼻唇沟外侧可能向下移动（下坠）的组织，使其失去形成沟的物质基础。基于此，应采取先去除多余和下垂的脂肪组织，充分离断颊上颌韧带，使鼻唇沟区的皮肤与深层的连接得到充分释放，再通过术后的包扎使皮肤粘连在合适的SMAS位置，防止术后再次下垂，从而取得有效稳定的术后效果。

七、脂肪抽吸术治疗女性副乳

副乳是先天性胚胎发育异常所形成的。副乳和正常乳腺一样，同受人体内分泌的调控，在内分泌失调的情况下，易形成副乳腺囊性增生症、副乳纤维瘤，甚至副乳腺癌。副乳的癌变极为少见，国外报道副乳腺癌的发生率占所有乳腺癌的0.12%～0.16%。在副乳的治疗方面，目前尚无统一意见，多数学者主张手术治疗。对于以下情况应早期手术切除：①有乳腺癌家族史者；②有明显的周期性胀痛、保守治疗效果不佳者；③副乳腺组织内有肿块或有副乳乳头溢液者；④副乳腺体积大，影响外观，患者要求切除者。传统的副乳手术多采用腋前线纵切口切除包括副乳腺组织的大块脂肪组织，但由于副乳腺组织边界不清，手术中切除范围难以估计，不易切净，可能会残留一些腺体；并且这种手术创伤大，切口不易愈合，易并发出血和积液；术后瘢痕位于躯体最前部，位置明显，有时瘢痕与胸大肌筋膜粘连可使局部凹陷，破坏流畅的腋前皱襞线，影响外观，严重者还会影响双上肢功能。由于大部分副乳组织周围都存在大量增生的脂肪组织，传统手术处理副乳腺边缘无过渡区，术后常发生局部凹陷，与周围增厚的脂肪组织过渡不平整。将肿胀吸脂技术应用到副乳手术中，首先吸除了腺体周围较厚的脂肪组织及部分腺体组织，因抽吸后组织变得疏松，皮下腺体组织清晰可见且易于分离，可以通过小切口完整地切除深筋膜浅层至真皮层之间的腺体组织，通过再次抽吸浅层脂肪，保证了术区平整。

八、脂肪抽吸术治疗其他疾病

20世纪80年代末，Sando等应用脂肪抽吸治疗四肢淋巴水肿取得满意疗效。Illouz的临床研究显示，抽吸后肢体张力减小，疼痛减轻，周径减小，皮肤的移动性增加，四肢关节活动度改善。Brorson等报道用吸脂术治疗女性乳腺癌手术后引发的上肢淋巴水肿。此外，脂肪抽吸技术还可用于血肿、坏死组织、液体硅胶、聚丙烯酰胺水凝胶的去除，颈背部脂肪垫、外伤后畸形、脊髓灰质炎等的治疗。

第五节 脂肪抽吸术的注意事项

一、特殊患者

（一）男性患者

目前国内男性实施脂肪抽吸术者相对较少，但随着脂肪抽吸技术的推广以及传统观念的改变，男性要求实施脂肪抽吸的比例逐渐增多。与女性相比，男性脂肪抽吸有以下特点。

1 动机 男性要求进行脂肪抽吸多迫于外界压力，如职业的要求以及社会压力等，即为了改变他人对自身形体的看法或为了改善肥胖导致的生活不便。

2 手术耐受 男性对疼痛的耐受性较好，即术前的恐惧感较女性轻，但往往对术中尤其是肿胀麻醉后的疼痛耐受差。男性吸烟、嗜酒的比例大，对利多卡因耐受差，故利多卡因剂量不宜过大，应小于30mg/kg。

3 脂肪的分布 女性脂肪主要分布在骨盆周围，即髂嵴、大腿外侧、下腹部等处；而男性脂肪则主要分布在上腹部、腰部，发生心血管疾患的概率高。目前国内男性脂肪抽吸常用于男性女性乳房发育，其次为腰、腹部脂肪堆积。男性皮下脂肪含有较多的纤维组织，质地坚硬，抽吸时阻力较大。男性不易发生奶酪性样畸形、皮肤坏死及皮肤表面凹凸不平。

（二）老年患者

老年人多有心、肺、肝等脏器功能减退，对手术耐受差，并且多服用相应的药物；60岁以上高龄患者发生严重并发症的概率高，因此选择患者应慎重。但高龄并非脂肪抽吸的禁忌，文献报道最高龄患者为81岁，只要患者无主要脏器功能的严重减退，均可实施脂肪抽吸。但老年患者应做好术前病史询问及术中、术后的严密观察。

（三）重度肥胖患者

体重超过标准体重的70%为重度肥胖，超过100%则为极度肥胖。该类患者心脏的结构和功能常发生改变，可能同时伴有高血压、糖尿病、胆结石等疾病。由于此类患者手术耐受性差，且需要抽出的脂肪量大、出血多，故术前应收入住院，详细检查并询问病史；术中充分估计出血量，必要时输血，并在有经验的麻醉医师监护下进行手术，密切观察心、肺等主要脏器的功能；术后严密观察，防止并发症的发生。

（四）肝炎、艾滋病患者

因脂肪抽吸术大量开展于门诊，术前检查要求不详细，且目前国内肝炎、艾滋病患者数目较多，因此手术医师应做好自我防护。同时由于该类患者免疫力较差，术后并发症发生率高，因此要

做好术前筛检及术中、术后的用药及观察。

（五）高血压患者

脂肪抽吸前应常规测量血压，发现高血压应暂缓手术，用药物降压至理想水平后方可实施手术。对高血压患者还应在术中监测血压，减少肾上腺素的用量，给予止血药物，术后继续监控血压，服用降压药。

二、脂肪抽吸时的注意事项

1 因脂肪抽吸术是在盲视下实施的钝性切割技术，因此要求术者受过良好的训练，双手有较好的层次感，同时要求手术前进行准确的判断，手术中注意密切观察（抽吸物的颜色、抽吸量、抽吸层次及皮肤的平整度），这样才能获得良好效果。

2 术前仔细查体，了解患者的脂肪分布情况、脂肪厚度、皮肤松弛度及病史，并与患者耐心交流，说明手术方式、手术能改善的程度及术后出现的并发症，同时指出患者存在的所有问题。术前常规照相并存档，避免术后发生纠纷。

3 术前应根据患者的体形及手术要求设计脂肪抽吸范围并与患者交流，设计时需兼顾皮肤固定点、固定线及皮肤张力线，以免术后产生新的张力线，从而引起皮肤皱缩。由于臀下皱襞、臀外侧切迹、大腿内中部、大腿后侧远端、髂胫束外下方等区域的纤维连接带较为密集，浅层脂肪与深部的肌肉筋膜附着，浅层脂肪及其上的真皮较薄，深层脂肪薄或缺如，故在这些区域进行脂肪抽吸时需小心，注意减少抽吸量，防止出现皮肤表面凹凸不平。

4 术前通过收缩试验、加压试验、提升试验等仔细判断皮肤的松弛程度。由于皮肤具有回缩性，皮肤轻度松弛者术后通过穿戴高弹力服，数月后皮肤回缩可达到良好效果。对于皮肤松弛严重或年龄较大者，术前需与其进行交流，建议行吸脂后联合腹壁整形。该方法多用于腹部皮肤松弛较重的已生育女性，其优点是一次手术既能抽除腹部脂肪组织又能切除多余皮肤，节约了时间并减少了患者痛苦，术中出血少等；缺点是术后腹壁会留有较明显的瘢痕。此外，术前准确判断脂肪厚度是手术成功的前提。

5 脂肪抽吸中假性隆起的鉴别至关重要。假性隆起可存在于脂肪抽吸的各个部位，形成原因为多余皮肤的堆积、邻近部位的影响及深部组织的凸起。多表现的腹壁松弛、腹腔内容物肥大引起的腹壁膨出，脊柱前凸过度、骶骨过度弯曲造成的臀部假性肥大，假性骑士臀和多余皮肤在大腿中部堆积引起的假性隆起，膝部骨骼凸出或肌肉肥大形成的假性隆起，小腿腓肠肌肥大形成的假性隆起。进行脂肪抽吸术前要仔细检查并标记这些假性隆起，必要时进行 X 线等辅助检查。

6 脂肪抽吸术后应告诫患者加强锻炼并改变饮食习惯，避免复发。手术后复发分为真性复发和假性复发，真性复发由术后体重增加 10%以上引起，但抽吸部位一般薄于周围未抽吸部位；而假性复发多为周围组织的肥大异位，临床上需谨慎鉴别。

7 决定形体最终形态的是所保留的脂肪组织及其所处的位置，而非所抽吸的脂肪组织的量。脂肪抽吸术重在形体修缮，而非减肥治疗的理想方法，更非治疗肥胖症的主要方法。但临床上这类患者受肥胖所累，往往提出不切实际的要求，因此需要临床医师术前详细说明，术中避免过度抽吸，防止手术并发症的发生。

（张斌）

参考文献

[1] Klein J A. The tumescent technique for liposuction surgery[J]. Am J Cosm Surg, 1987, 4: 263-267.

[2] Heymans O, Castus P, Grandjean F X, et al. Liposuction: review of the techniques, innovations and applications[J]. Acta Chir Belg, 2006, 106(6): 647-653.

[3] Neira R, Toledo L, Arroyave J, et al. Low level laser-assisted liposuction: the Neira 4 L technique[J]. Clin Plast Surg, 2006, 33(1): 117-127.

[4] Goldman A. Submental Nd:YAG laser-assisted liposuction[J]. Lasers Surg Med, 2006, 38(3): 181-184.

[5] Badin A Z, Gondek L B, Garcia M J, et al. Analysis of laser lipolysis effects on human tissue samples obtained from liposuction[J]. Aesthetic Plast Surg, 2005, 29(4): 281-286.

[6] Ichikawa K, Miyasaka M, Tanaka R, et al. Histologic evaluation of the pulsed Nd:YAG laser for laser lipolysis[J]. Lasers Surg Med, 2005, 36(1): 43-46.

[7] Brown S A, Rohrich R J, Kenkel J, et al. Effect of low-level laser therapy on abdominal adipocytes before lipoplasty procedures[J]. Plast Reconstr Surg, 2004, 113(6): 1796-1804.

[8] Medrado A P, Trindade E, Reis S R, et al. Action of low-level laser therapy on living fatty tissue of rats[J]. Lasers Med Sci, 2006, 21(1): 19-23.

[9] Kim K H, Geronemus R G. Laser lipolysis using a novel 1064nm Nd: YAG laser [J]. Dermatol Surg, 2006, 32(2): 241-248.

[10] Prado A, Andrades P, Danilla S, et al. A prospective, randomized, double-blind, controlled clinical trial comparing laser-assisted lipoplasty with suction-assisted lipoplasty[J]. Plast Reconstr Surg, 2006, 118(4): 1032-1045.

[11] Noakes T D, Borresen J, Hew-Butler T, et al. Semmelweis and the aetiology of puerperal sepsis 160 years on: a historical review[J]. Epidemiol Infect, 2008, 136(1): 1-9.

[12] DiBernardo B E, Reyes J, Chen B. Evaluation of tissue thermal effects from 1064/1320-nm laser-assisted lipolysis and its clinical implications[J]. J Cosmet Laser Ther, 2009, 11(2): 62-69.

[13] Bechara F G, Sand M, Hoffmann K, et al. Histological and clinical findings in different surgical strategies for focal axillary hyperhidrosis[J]. Dermatol Surg, 2008, 34(8): 1001-1009.

[14] Coleman W P, Hendry S L. Principles of liposuction[J]. Semin Cutan Med Surg, 2006, 25(3): 138-144.

[15] Hunstad J P, Aitken M E. Liposuction: techniques and guidelines[J]. Clin Plast Surg, 2006, 33(1): 13-25.

[16] Hasengschwandtner F, Furtmueller F, Spanbauer M, et al. Detailed documentation of one lipolysis treatment: blood values, histology, and ultrasound findings[J]. Aesth Surg J, 2007, 27(2): 204-211.

[17] Blugerman G, Schavelzon D, Paul M D. A safety and feasibility study of a novel radiofrequency-assisted liposuction technique [J]. Plast Reconstr Surg, 2010, 125(3): 998-1006.

PDG

第五章
体表各部位脂肪抽吸术

第一节　面颊部脂肪抽吸术

一、相关解剖

面颊部解剖结构较为复杂，分别由皮肤、皮下浅筋膜、颊肌、黏膜下组织、黏膜层等构成。皮下浅筋膜为疏松结缔组织，具有不等量的脂肪。面部的皮肤薄而柔软、细嫩，且血液循环丰富，易于伸展移动，其间还有笑肌、颧肌及颈阔肌，其中有腮腺导管、面动脉、面静脉、面神经及三叉神经分支走行。

颊肌是位于上、下颌骨间的方形薄肌，浅面有颊咽筋膜覆盖，颊脂垫覆盖在颊肌表面。腮腺导管由腺体前缘发出，呈水平方向，沿颊肌表面前行，并穿过颊肌，开口于上颌第二磨牙相对的颊黏膜上。黏膜下组织为结缔组织，含有许多黏液腺。黏膜层为口腔内表面。

面颊部的浅层血管，动脉主要由颈外动脉分支供应，为面动脉、下牙槽动脉及上颌动脉等；静脉是由面静脉、下颌后静脉及翼静脉丛汇入颈内静脉(图 5-1)。



图 5-1　面颊部的血管

面颊部的淋巴管及淋巴结较丰富，淋巴管细小，但分布广泛，最后汇入颌下淋巴结。

面颊部的神经有面神经和三叉神经，均为混合性神经。面神经的内脏运动纤维主要支配面部表情肌和颈阔肌。三叉神经由粗大的感觉根和细小的运动根组成，是口腔颌面部的主要感觉神经和咀嚼肌的运动神经。面神经颅外段出茎乳孔后，于下颌角的后上方前行进入腮腺内，分为颞面干与颈面干，其后再分支吻合成丛，最后分为 5 支，即颞支、颧支、颊支、下颌缘支和颈支，呈放射状自

腮腺前缘穿出，分布于面部表情肌和颈阔肌，并支配二腹肌后腹和茎突舌状肌(图 5-2)。

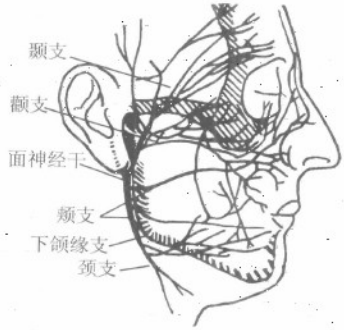
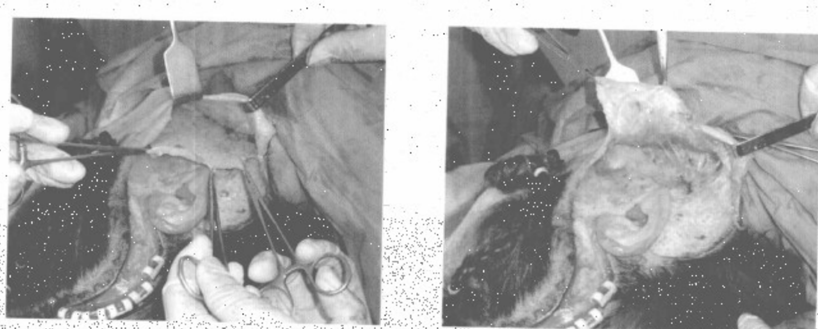


图 5-2 面颊部的神经

近年来随着面部解剖的进一步发展，Mitz(1976 年)和 Peyronie(1976 年)提出了“面部表浅肌肉腱膜系统”(superficial musculoaponeurotic system, SMAS)的概念，在临床上非常实用，而且有着指导作用，因此被整形外科医师广泛接受。

在皮下和 SMAS 浅面之间有着丰富的脂肪组织，是面颊脂肪抽吸术的主要层面。在这一层面的脂肪组织里，血管和神经末梢相对要稀疏一些，适合对脂肪组织进行雕塑。SMAS 的深面有少量的脂肪组织，瘦者常不明显且分布不恒定。脂肪组织下方即为腮腺咬肌筋膜，包裹腮腺，面神经颧支、颊支、下颌缘支及面横动脉、腮腺管均走行在筋膜中(图 5-3)。



A B

图 5-3 面部表浅肌肉腱膜系统(SMAS)

A. SMAS 浅面有着丰富脂肪组织，是面颊部脂肪抽吸术的主要层面 B. SMAS 深面有少量的脂肪组织，脂肪组织下方即为包裹腮腺的腮腺咬肌筋膜

二、适应证

面部脂肪抽吸术应选择面颊部、下颌部脂肪堆积者。术前检查时，可用双手拇指、食指轻捏受术者双侧面颊及下颌脂肪堆积的部位，并观察皮褶的厚度，厚度大于 1cm 时，术后将会有较明显改变，手术可获得较满意的效果。

对于双侧面颊脂肪厚度不均匀造成的双侧面颊大小不对称，也属于面部脂肪抽吸术的适应

证。通过对脂肪较多一侧面颊的脂肪抽吸，可以达到双侧面颊对称或基本对称的效果。

选择面颊脂肪抽吸术受术者时，应避免将下颌角外翻、面颊皮褶过薄者选入。对于男性，还要考虑到男性皮肤远较女性厚的因素，对术后效果有较准确的判断。

三、禁忌证

单纯的面颊脂肪抽吸术对全身的健康要求并不高，只要不是严重疾病患者，均可以接受手术。但术前应进行重要脏器和血液系统的常规检查。对年长者则应重视原发性高血压、糖尿病等，经内科治疗已得到有效控制后方可进行手术。

要求进行面颊脂肪抽吸术的手术动机，心理因素占据了很大比例。随着社会的进步和医学模式的转变，了解并掌握美容受术者的心理状况和求医动机，已成为评价手术效果的标准之一。术前须仔细了解受术者的要求、动机，排除存在异常心理状态者。

有些不适合手术者，一旦勉强手术后，其结局是可想而知的。这些人包括：①有精神病史者；②男性求术者：在美容外科中，男性与女性在手术动机、手术效果方面认知不同，对于男性来说，除非存在明显缺陷，否则不宜手术；③素质、教养程度太低者：这类求术者与医师的审美观有很大差异，无法以一般的社会准则来与之沟通，亦不宜手术；④美容外科手术索赔者：这类求术者为掩盖真正的动机，过分吹捧医师，引诱医师为其手术，术后在恢复期甚至还未拆线时就能反目，甚至以找消费者协会或新闻媒体进行威胁，以达到其卑鄙的目的；⑤目的不明确者：这类求术者对手术要求说不清，往往请医师为其选择美容手术；⑥追求完美、期望值太高者：这类求术者误以为美容外科医师就是美术雕塑家而无所不能；⑦为取悦别人而要求手术者：这类求术者以为自己改变外形后就能够改变事业、婚姻，甚至生活的结局；⑧一些美容外科手术迷：这类求术者经过多次美容外科手术，尽管对先前的医师不满意，却乐此不疲地要求再次手术。

另外，对于独自前来要求做抽脂减肥手术的未成年人，应获得其法定监护人的同意方可进行手术。对于老年求术者，也应在术前与其家人进行沟通，商讨手术是否是唯一选择。

四、手术设计

面颊、下颌部脂肪抽吸术适用于面部轮廓改变、面颈部脂肪堆积整形和松弛皮肤的提紧。在抽取了从未经过手术的浅层皮下脂肪后，可以使面颊下颌皮肤收缩，面部轮廓发生固定而持久的改变。

将手术切口设计在耳垂下缘皮肤皱褶处，这里有自然的皮肤皱褶，术后切口瘢痕会完全消失在皱褶里；这里又是位于整个手术区域最高、最后的点上，术后创面的瘢痕纤维向后上方向收缩，有助于面颊部轮廓变窄，下颌部体积减小。仅一个切口就可以将一侧面颊下颌的脂肪抽吸出来，最大限度地保护皮肤完整（图 5-4）。

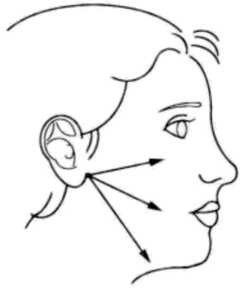


图 5-4　右侧面颊下颌脂肪抽吸术

五、手术操作

（一）脂肪抽吸范围标记

抽脂范围用亚甲蓝标记，上方至颧弓、眶下缘，下方至下颌颈角线外1～1.5cm处；鼻侧距口角垂线约2cm，耳侧位于耳垂垂线；颏下部分左右相连，宽约4cm。确认无误后固定标记线（图5-5）。



图5-5 右侧面颊下颌脂肪抽吸范围标记

（二）麻醉及手术器械

在全身麻醉下，取1:600000肾上腺素生理盐水混合液，在每侧皮下均匀注入60～80ml，两侧液体的注入量要尽量相等。近年来，用0.25%利多卡因、1:600000肾上腺素生理盐水混合液，同时加用丙泊酚，使麻醉效果更加完全。手术器械采用抽速30L/min以上的脂肪吸引器，3×160mm钝头单侧孔脂肪抽吸管，负压控制在0.08～0.1kPa。

（三）手术方法

受术者取仰卧位，在耳垂下缘皮肤皱褶处作长约2mm的切口（图5-6），并在切口前下缘的皮下潜行分离。面颊部脂肪抽吸时将抽脂管经耳后切口插入皮下和SMAS层之间，进行等平面、扇形隧道抽吸（图5-7）。面颊部脂肪抽吸的层次位于SMAS的浅层。面神经的分支均位于SMAS的深层，于SMAS浅层抽吸可避免损伤面神经。右手持抽脂管作均匀的往返抽动；左手轻压在抽脂管上，感觉抽脂管在皮下的深度和运动轨迹。保持抽脂管距皮肤表面0.3～0.5cm时向下抽吸脂肪，可获得较理想的手术效果。下颌部脂肪抽吸时，将抽脂管插入皮下和颈阔肌之间进行扇形隧道抽吸，并使抽脂管与皮肤表面的距离与面颊部保持一致（图5-8）。



图5-6 右侧面颊下颌脂肪抽吸切口



图 5-7　右侧面颊部脂肪抽吸

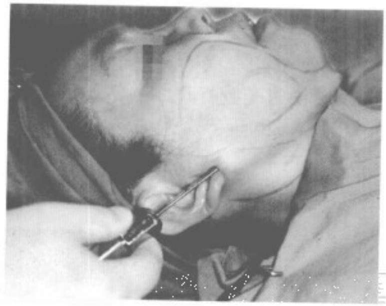


图 5-8　右侧下颌脂肪抽吸

术毕，反复检查双侧对称性，保持均匀一致。无须放置引流管，切口可不缝合，用弹性绷带包扎即可（图 5-9）。



A　　B

图 5-9　面颊下颌脂肪抽吸后包扎

A. 正面　B. 右前斜面

（四）术后处理

术后用弹力绷带持续加压 48 小时，口服抗生素 3 天。1 个月后可行局部按摩，3 个月后最佳手术效果出现。

（五）术中注意事项

1 在注入肿胀液时，要力求平整均匀，避免发生因肿胀液注入不均匀所致的抽吸后不平整。

2 将抽脂管准确地插入需要抽脂的部位，由深层至浅层，呈扇形、均匀地抽吸面颊、颧弓及下颌脂肪。

3 严禁在某一点上进行反复抽吸。

六、相关并发症及其处理

面颊、下颌脂肪抽吸术后出现最多的并发症为局部不平整和左右不对称。局部不平整是在手术中未能做到均匀、平整地抽吸脂肪所致，需在一年以后，待皮下的瘢痕组织完全软化后，在凹陷

部位注入少量脂肪充填，直至平整。双侧面颊左右不对称是两侧面颊的抽吸量不一致造成的，可在一年以后，对较胖的一侧再次进行脂肪抽吸，直至对称。

七、相关案例

（一）案例1

女性，26岁，自幼时起右侧面颊肥胖，行右侧面颊脂肪抽吸术（图5-10）。



A　B

图5-10　右侧面颊脂肪抽吸术

A. 术前　B. 术后1年

（二）案例2

女性，29岁，自诉面颊、下颌肥胖，行面颊下颌部脂肪抽吸术（图5-11）。



A　B

图5-11　面颊下颌部脂肪抽吸术

A. 术前　B. 术后2年

第二节 乳房脂肪抽吸术

一、相关解剖

乳房由乳腺组织和脂肪组织所组成，因肥胖或哺乳而造成过大或松垂，多在生育后出现。脂肪抽吸手术可以减少乳房及其周围过多的脂肪，有效地减少乳房的体积和重量。

乳房左右各一，属皮肤腺，是汗腺的变形。成年未产女性的乳房为规则的半球形，位于第三至第六肋之间、胸大肌的表面。乳房的中心有乳头，平对第四肋间隙或第五肋间隙。乳头表面有10～15个输乳孔，为输乳管的开口。乳头周围有环形的乳晕，乳晕部的皮肤含有色素，并有多个颗粒状的乳晕腺（图5-12）。

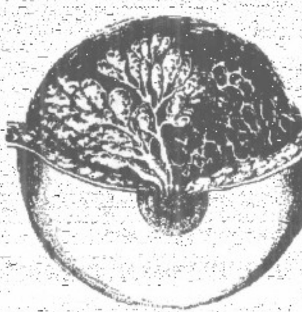


图5-12 乳腺的冠状剖面

乳房含有乳腺和脂肪组织。乳腺被脂肪组织隔成15～20个呈放射状排列的乳房小叶，以输乳管开口于乳头尖端的输乳孔，每个输乳管在开口以前先扩大成输乳管窦。乳腺组织有一部分向腋窝方向突出，称外侧突，在临床上有重要意义。乳腺表面包有浅筋膜，其发出许多纤维隔伸入乳腺组织之间，因此，乳腺被纤维束固定于皮肤和胸肌筋膜之间（图5-13）。

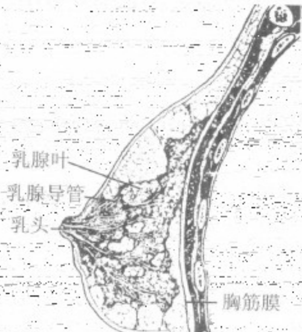


图5-13 乳腺的矢状剖面

乳房的动脉有胸廓内动脉的穿支(第二、第三支)、第三至第七肋间动脉的外侧支、胸外侧动脉的乳房外侧支以及胸最上动脉、胸肩峰动脉等,血管多自上方两侧趋向乳头,在乳房内构成密网。

乳房的静脉分深浅两层,深层随上述动脉走行回流;浅层在皮下结成稀疏的静脉网,并在乳晕部结成围绕乳头的吻合环。

乳房的淋巴管很丰富,在乳晕部构成淋巴管网,同时在深部腺组织间也结成网。其主要排出管汇合成2～3个主干,一部分先入腋淋巴结,再进入锁骨下淋巴结;另一部分穿经胸部肌肉进入胸廓内,注入沿胸廓内血管分布的胸骨淋巴结;还有一部分穿经肋间肌与肋间淋巴结,联合导入胸纵隔后淋巴结,再汇入胸导管;其他与膈和肝淋巴结也有联络。

乳房的神经主要有第二至第六肋间神经的内、外侧皮支,锁骨上神经及胸前神经(图5-14)。

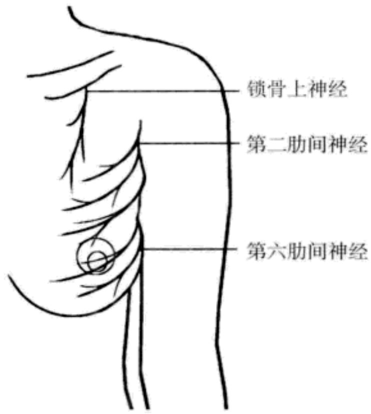


图5-14　乳房的神经支配

男性的乳头位于第四肋间水平,周围也环有乳晕。男性的乳房仅仅是一个小丘,其主要由结缔组织构成,只有腺组织的迹象,而无腺组织的实质。

副乳为发育不全的乳腺组织,多位于腋窝周围,偶尔在腋前线顶点部可见完整的乳房,多数只见中央有一块色泽略深的皮肤,类似一个小的乳头。有时在腋窝周围也可见局部脂肪堆积,此为假性副乳。

二、适应证

乳房脂肪抽吸术适用于乳房单纯脂肪堆积者,多见于未产女性。术前检查时,可用双手拇指、食指轻捏受术者双侧乳房脂肪堆积的部位,观察皮褶的厚度,厚度大于1cm时,术后将会有较明显改变,手术可获得较满意效果。必要时,可利用B型超声波检查确定乳房皮下脂肪的厚度。

由双侧乳房脂肪厚度不均匀所造成的双侧乳房大小不对称,也应属于乳房脂肪抽吸术的适应证。通过对脂肪较多一侧乳房的脂肪抽吸,可以达到双侧乳房对称或基本对称的效果。

除此以外,男性乳房肥大、男性女性化乳房、腋窝区肥胖和副乳患均可采用脂肪抽吸术。

三、禁忌证

仅仅行乳房脂肪抽吸术,总面积并不是很大,抽出的脂肪量也不会很多,对全身健康的要求并不高,只要不严重疾病患者,均可以接受手术,但术前应做重要脏器和血液系统的常规检查。对年

长者则应重视原发性高血压、糖尿病等疾病，经内科治疗得到有效控制后方可手术。但是，哺乳期女性和乳房肿瘤患者为乳房脂肪抽吸术的禁忌证。

四、手术设计

乳房脂肪抽吸术可以抽出乳房内多余的皮下脂肪，从而明显改变乳房的大小、减轻乳房的重量，并刺激乳房皮肤创伤后的纤维收缩，使乳房皮肤收缩紧致。

将手术切口设计在乳晕的边缘上，由于乳晕的色泽较深，术后切口瘢痕会完全消失在乳晕里。以切口为中心，向四周做圆周形的脂肪抽吸，术后创面的瘢痕纤维向四周均匀收缩，使过大而下垂的乳房得到一定程度的改善(图 5-15)。

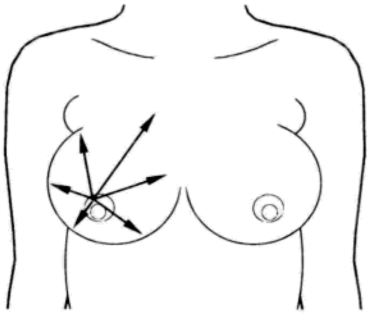


图 5-15　乳晕入路的乳房脂肪抽吸术

乳房下垂显著者，在确认乳腺后间隙里有较多脂肪时，可在乳房下皱襞最外侧作切口，抽出乳腺后间隙内的脂肪，利用脂肪抽吸术创面的瘢痕粘连，使松垂的乳房得以提紧(图 5-16)。

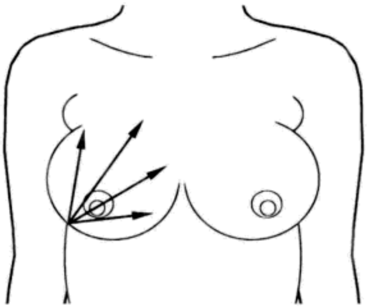


图 5-16　下皱襞入路的乳房脂肪抽吸术

男性乳房肥大和男性女性化乳房患者，不宜将手术切口设计在乳晕上，因为这样术后会在切口下方留有一丘状凸起，达不到手术的预期目的。将手术切口设计在腋前线顶点的腋窝皱纹处，向内下方进行脂肪抽吸，有利于术后皮肤向后上方向收缩。这样仅一个切口就可以将一侧胸部的脂肪抽吸出来，而且不留下明显的痕迹(图 5-17)。

单纯行副乳脂肪抽吸术时，手术切口如同男性乳房脂肪抽吸术一样，设计在腋前线顶点的腋窝皱纹处，向内侧进行脂肪抽吸(图 5-18)。副乳脂肪抽吸术若与乳房脂肪抽吸术同时进行，利用乳晕切口就可以达到手术目的(图 5-19)。

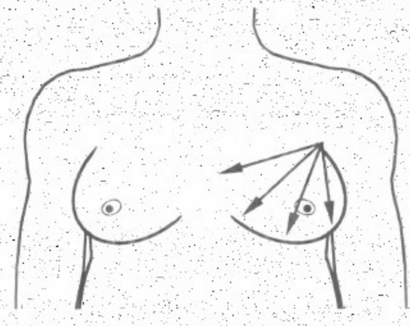


图 5-17 腋前线顶点入路的男性乳房脂肪抽吸术

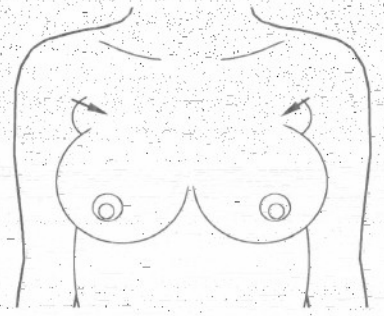


图 5-18 腋前线顶点入路的副乳脂肪抽吸术

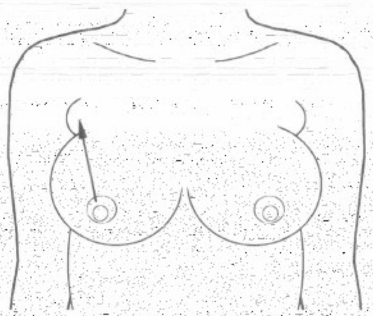


图 5-19 乳晕入路的副乳脂肪抽吸术

五、手术操作

（一）亚甲蓝标记抽脂范围

乳房上方尽量延伸至锁骨下方，将乳房上方的脂肪尽可能多抽吸一些，下方至乳房下皱襞处，内侧距正中线约2cm，外侧则将乳房向外侧延续的脂肪包含在内。确认无误后固定标记线（图5-20、图5-21）。

（二）麻醉及手术器械

在全身麻醉下，取1:600000肾上腺素生理盐水混合液，在每侧皮下均匀注入500ml，使两侧乳房皮下脂肪充分均匀肿胀。近年来，在使用局部麻醉同时加用丙泊酚静脉麻醉，用含有0.25%利多

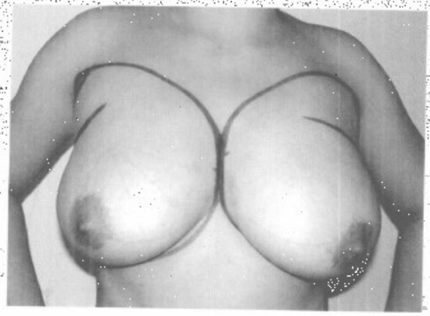


图 5-20 乳晕入路的乳房及副乳脂肪抽吸术标记

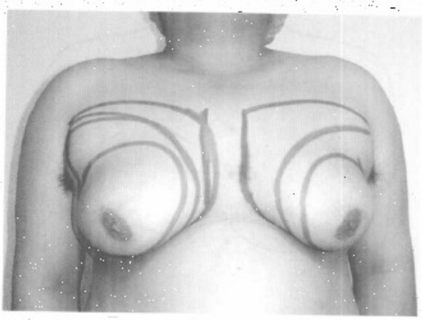
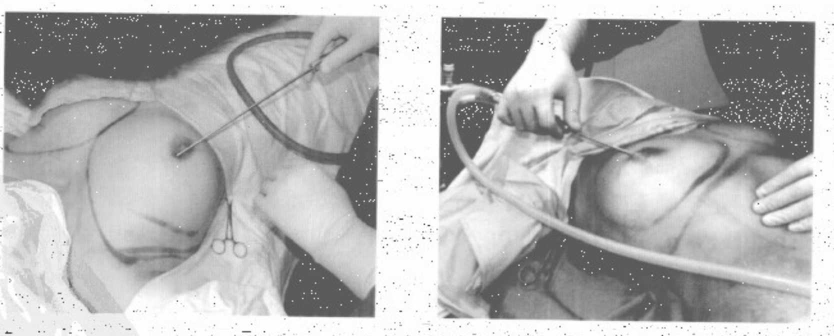


图 5-21 男性乳房及副乳脂肪抽吸术标记

卡因、1∶600000 肾上腺素生理盐水混合液，均匀注入两侧乳房皮下，使麻醉效果更加完全。手术器械采用抽速 30L/min 以上的脂肪吸引器，用 4×300mm 钝头单侧孔脂肪抽吸管抽吸。

（三）手术方法

受术者取仰卧位，在乳晕外上象限处作长约 3mm 切口，在切口前下缘的皮下潜行分离。将抽脂管经切口插入乳房皮下和乳腺包膜之间，进行等平面、扇形隧道抽吸（图 5-22）。乳房脂肪抽吸的层次位于乳腺包膜的浅层。右手持抽脂管作均匀的往返抽动；左手轻压在抽脂管上，感觉抽脂管在皮下的深度和运动轨迹。保持抽脂管距皮肤表面 0.3～0.5cm 时向下抽吸脂肪，可获得较理想的手术效果。



A　　B

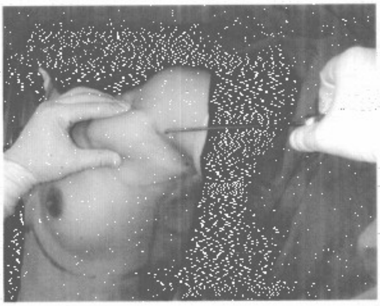
图 5-22 乳晕入路的乳房及副乳脂肪抽吸术

从乳房下皱襞入路行乳房脂肪抽吸术时，需在乳房下皱襞外侧的皱褶中做一0.5cm长的切口，向内上侧均匀注入肿胀液，分层抽吸乳腺后间隙中的脂肪(图5-23)。



图5-23 乳房下皱襞入路的乳房脂肪抽吸术

行副乳及男性乳房脂肪抽吸术时需在腋前线顶点的腋窝皱褶中，做一5mm长的切口，并向前下方作潜行分离。向副乳或男性乳房内均匀地注入适量肿胀液，均匀平整地抽吸副乳或男性乳房中的皮下脂肪(图5-24)。



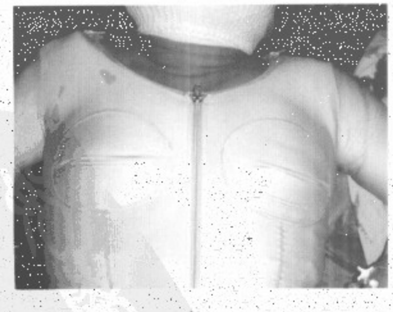
A



B

图5-24 副乳脂肪抽吸术

术毕，应反复检查双侧，做到两侧对称、均匀一致。无须放置引流管，切口可不缝合，用弹性胸部束身衣加压包扎(图5-25)。



A



B

图5-25 乳房及副乳脂肪抽吸术后包扎

（四）术后处理

术后用弹力绷带持续包扎 30 天，口服抗生素 3 天。1 个月后可行局部按摩，3 个月后最佳手术效果出现。

（五）术中注意事项

1 在注入肿胀液时，力求平整均匀，避免发生因肿胀液注入不均匀所致的抽吸后不平整。

2 将抽脂管准确地插入需要抽吸的部位，由深层至浅层，扇形、均匀地抽吸乳房及副乳的皮下脂肪。乳房下皱襞入路抽吸乳腺后间隙脂肪时，也应平整均匀地抽吸。

3 在进行乳房外侧及副乳脂肪抽吸时，应注意避让腋静脉及腋动脉、胸肩峰动脉的胸肌支、肩峰支和三角肌支。

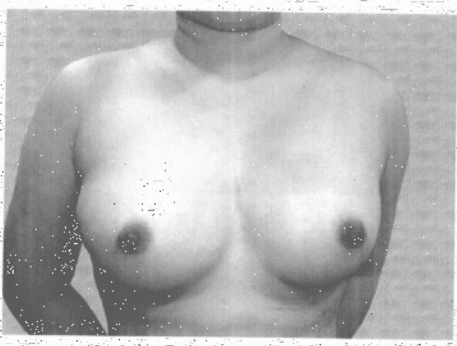
六、相关并发症及其处理

乳房脂肪抽吸术后出现最多的并发症为局部不平整及左右不对称。局部不平整是在手术中未能做到均匀、平整地抽吸脂肪所致，需在一年以后、待皮下的瘢痕组织完全软化后，在凹陷部位注入少量脂肪充填，直至平整。双侧乳房左右不对称是两侧乳房的脂肪抽吸量不一致造成的，可在一年以后，对较胖的一侧再次行脂肪抽吸术，直至对称。

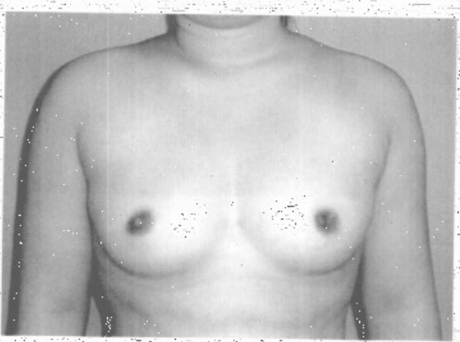
七、相关案例

（一）案例 1

女性，22 岁，因自觉乳房肥大，行乳房脂肪抽吸术（图 5-26）。



A



B

图 5-26　乳房脂肪抽吸术

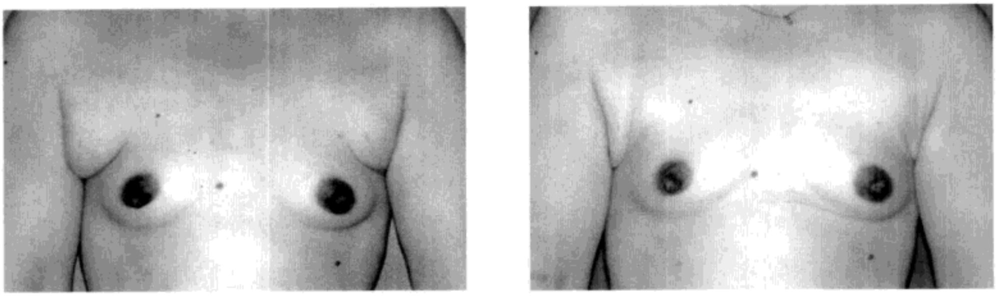
A. 术前；B. 术后 1 年

（二）案例 2

女性，43 岁，因腋窝肥胖，行副乳脂肪抽吸术（图 5-27）。

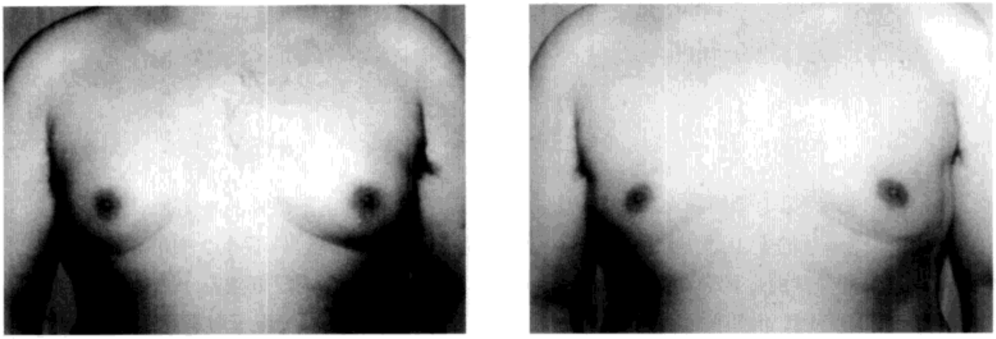
（三）案例 3

男性，27 岁，因乳房肥大，行乳房脂肪抽吸术（图 5-28）。



A　　　　B

图 5-27　副乳脂肪抽吸术
A. 术前　B. 术后



A　　　　B

图 5-28　男性乳房脂肪抽吸术
A. 术前　B. 术后 2 年

第三节　背部脂肪抽吸术

一、相关解剖

背部的解剖特点是：①背上部的皮肤厚而坚韧；②背部的浅筋膜厚而致密，脂肪较多；③背部的肌肉扁平且宽大。背上半部皮肤可能是全身最厚的皮肤，下半部的皮肤与腹部、臀部皮肤的厚度相近。正常情况下，背部浅筋膜层较厚而且均匀，可蓄积大量脂肪。两侧腋后线部分的脂肪可受重力作用而下垂，并形成对称性皮肪皱褶。背部深筋膜比较薄弱，分为浅、深两层，浅层包裹斜方肌，属颈筋膜浅层的一部分；深层位于斜方肌的深面，称为项筋膜。胸背部和腰部的深筋膜浅层较为薄弱；但深层较厚，称为胸腰筋膜。

背部肌肉的数目众多，分为浅、中、深三层。位于脂肪下的浅层肌为斜方肌和背阔肌，运动肩和上肢，其肌腹扁平且宽大，附着于棘突与上肢骨之间；深层肌为肩胛提肌和菱形肌(图 5-29)。

斜方肌为位于项部和背上部的三角形的阔肌，左右两侧共同形成斜方形。斜方肌起于上项线、

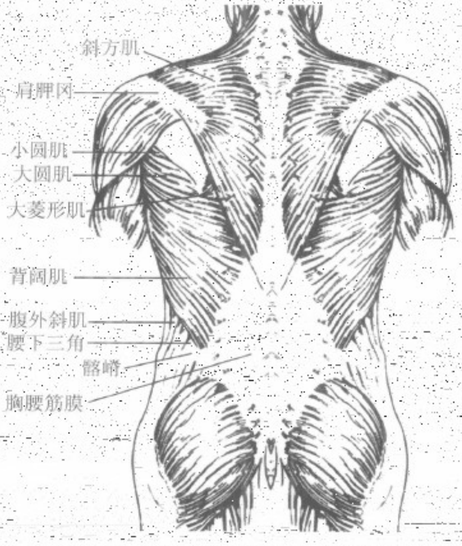


图 5-29 背部浅层肌肉

枕外隆凸、项韧带、第七颈椎棘突和全部胸椎的棘上韧带,向外侧止于锁骨的外侧和肩胛冈。

背阔肌位于背的下半部,是全身最阔的肌。背阔肌借胸腰筋膜起自下 6 个胸椎和全部腰椎的棘突、骶正中嵴及其棘上韧带和髂嵴后部;止端成腱,经大圆肌下缘的前方附着于肱骨小结节。

肩胛提肌位于项部斜方肌上部的深面,起自第一至第四颈椎横突,止于肩胛骨上角,由肩胛背神经支配。其作用是提肩胛骨向上,当肩胛骨固定时可使颈部屈向同侧。

菱形肌位于背上部斜方肌的深面,起自第六至第七颈椎和第一至第四胸椎的棘突,肌纤维向外下方,止于肩胛骨的脊柱缘。

背部血管主要为肩胛背动脉、颈浅动脉及其伴行静脉。肩胛背动脉发自锁骨下动脉或甲状颈干,沿肩胛骨内侧缘下行于肩胛提肌和菱形肌的深面,发出分支营养邻近肌肉。颈浅动脉多来自锁骨下动脉的甲状颈干,经肩胛提肌前缘进入斜方肌深面,营养斜方肌。

背部神经副神经在斜方肌上部的前缘中、下 1/3 交界处进入斜方肌深面,支配斜方肌。肩胛背神经发自臂丛神经根,与肩胛背动脉伴行于肩胛提肌和菱形肌的深面,支配肩胛提肌和菱形肌(图5-30)。

二、适应证

在抽脂术发明之前,背部的脂肪太厚是无法解决的。背部脂肪抽吸术可算是面积最大、要求最平整的手术之一。要均匀地去除一层脂肪,使皮肤的紧张程度适当提高,展现背部的自然曲线美。

背部脂肪抽吸术适用于单纯背部脂肪堆积,多见于中年女性,偶见因疾病长期服用激素者。术前检查时,可用双手拇指、食指轻捏受术者背部脂肪堆积的部位,观察皮褶的厚度。厚度大于 3cm 时,术后将会有较明显改变,手术可获得较满意的效果;皮褶厚度小于 2cm 时,术后改变不明显。

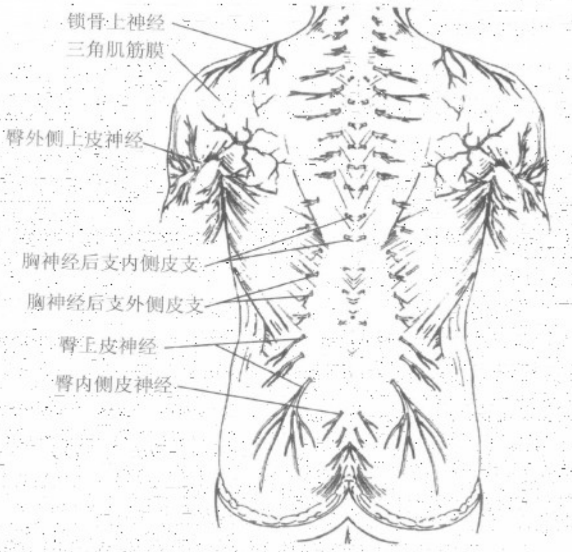


图 5-30 背部浅层神经

三、禁忌证

背部脂肪抽吸术的总面积很大，抽出的脂肪量较多，应重视全身的健康检查，术前应做重要脏器和血液系统的常规检查。对因疾病长期服用激素者，经内科治疗得到有效控制，确认停药半年后，方可进行手术。背部肿瘤患者为背部脂肪抽吸术的禁忌证。

四、手术设计

背部脂肪抽吸术的重点往往是在两侧，也就是与腋下交界的部分。背部的上端连接着肩颈部，下端至腰髂部，要完整地抽吸背部的脂肪，是对手术医师的经验、技能和体能的一种考验。

背部脂肪抽吸切口的设计，应考虑保持背部皮肤的完整，避免出现对称性瘢痕。手术切口可设计在乳腺下缘平面与背部正中线的交汇点上，并以手术切口为中心，做背部平面 360°的旋转抽吸（图 5-31）。

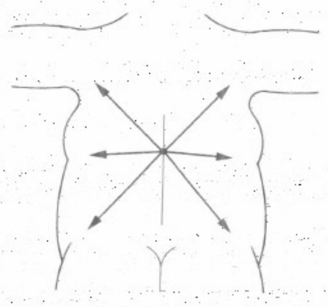


图 5-31 背部脂肪抽吸术的正中切口

对于背部皮肤有特殊要求，不能留有痕迹者，可以将腋后线顶点作为手术切口，分侧做背部脂肪抽吸(图 5-32)。

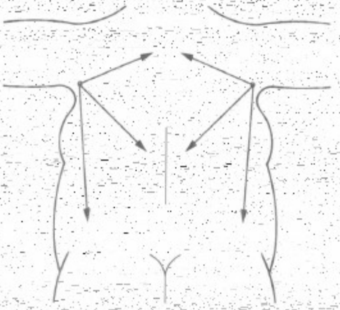
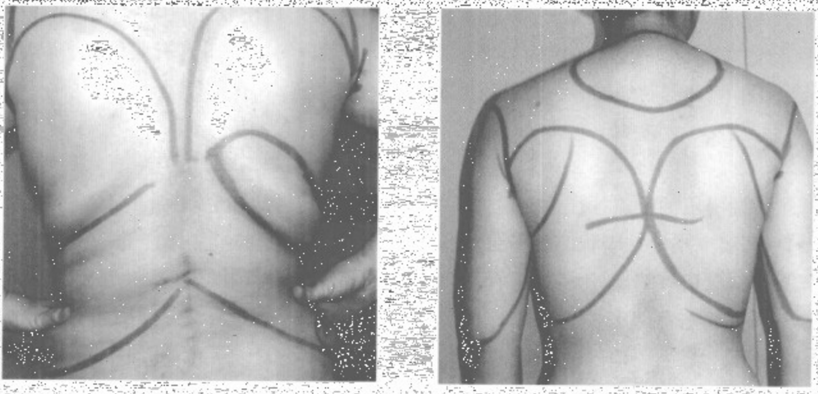


图 5-32　背部脂肪抽吸术的腋下切口

五、手术操作

(一) 亚甲蓝标记脂肪抽吸范围

背部上方至双肩，外侧尽可能靠近腋中线一些，下方至髂嵴上方，内侧距正中线约 2cm。确认无误后固定标记线(图 5-33)。



A　　B

图 5-33　背部脂肪抽吸术标记

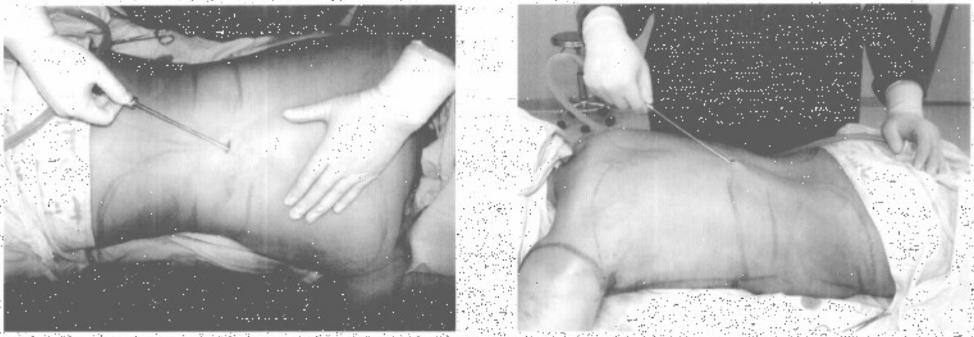
(二) 麻醉及手术器械

在全身麻醉下，取 1:600000 肾上腺素生理盐水混合液，在皮下均匀注入约 1500～2500mL，使背部皮下脂肪充分肿胀。手术器械采用抽速 30L/min 以上的脂肪吸引器，用 4×300mm 钝头单侧孔脂肪抽吸管抽吸。

(三) 手术方法

受术者取俯卧位，在乳房下缘平面与背部正中线交汇处作长约 10mm 的切口，在切口周围的皮下潜行分离，将抽脂管经切口插入背部皮下，进行等平面、扇形隧道抽吸。背部脂肪抽吸的层次位于背部深筋膜的浅层。右手持抽脂管作均匀的往返抽动；左手轻压在抽脂管上，感觉抽脂管在皮

下的深度和运动轨迹。保持抽脂管距皮肤表面0.3～0.5cm时向下抽吸脂肪，可获得较理想的手术效果(图5-34)。



A　　　　B

图5-34　正中切口入路的背部脂肪抽吸术

从腋后线顶点切口进行背部脂肪抽吸时，也应注意平整，作扇形隧道抽吸(图5-35)。

术毕，反复检查双侧，保持两侧对称、均匀一致。无须放置引流管，切口缝合，用弹性胸部束身衣及弹性腹带加压包扎(图5-36)。

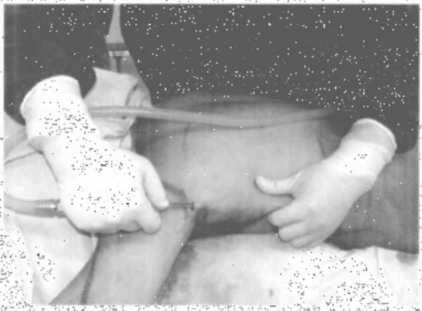


图5-35　腋下切口入路的背部脂肪抽吸术

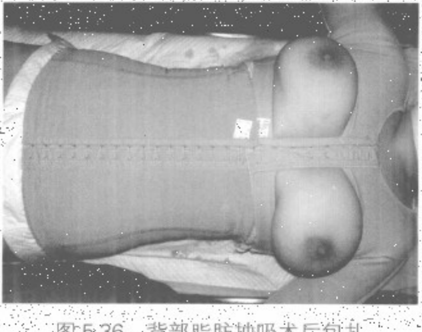


图5-36　背部脂肪抽吸术后包扎

（四）术后处理

术后用弹性束身衣及弹性腹带持续加压包扎 30 天，口服抗生素 3 天。1 个月后可行局部按摩，3 个月后最佳手术效果出现。

（五）术中注意事项

1 在注入肿胀液时，力求平整均匀，避免发生因肿胀液注入不均匀所致的抽吸后不平整。

2 背部脂肪抽吸时，应注意抽脂管插入的深度。因为背部深筋膜的浅面较薄，用力插入抽脂管时，极易误伤深层的肌肉组织。

六、相关并发症及其处理

背部的脂肪组织依附于较为坚硬的胸廓之外，脂肪抽吸术一般不易造成不平整。只有在肿胀液注入不均匀时造成误判，在肿胀液过多的部位过度抽吸，而在肿胀液较少的部位抽吸较少，待肿胀消退后，过度抽吸的部位就会出现凹陷。所以，均匀地注入肿胀液是背部脂肪抽吸术后平整的关键之一。

出现凹陷的部位需在一年以后，待皮下的瘢痕组织完全软化后，将少量脂肪充填其内，直至平整。

七、相关案例

（一）案例 1

女性，29 岁，背部肥胖多年，行背部脂肪抽吸术（图 5-37）。



A



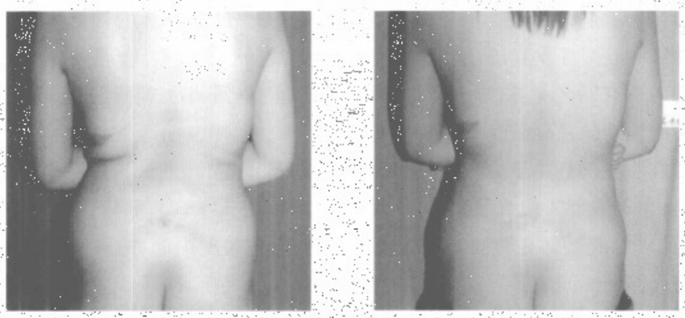
B

图 5-37 背部脂肪抽吸术（案例 1）

A. 术前 B. 术后

（二）案例 2

女性，29 岁，主诉背部肥胖，行背部脂肪抽吸术（图 5-38）。



A　　B

图 5-38 背部脂肪抽吸术(案例 2)
A. 术前 B. 术后

第四节 腹部脂肪抽吸术

一、相关解剖

腹壁是由皮肤、皮下脂肪、腹肌和腹膜所构成的。腹肌是运动躯干、产生腹内压的肌肉，位于胸廓下缘与骨盆上缘之间。腹肌的形态扁薄宽广，层层相叠，构成腹壁。各层肌纤维的走向不同，纵横交织，相互拮抗，但在功能上却相辅相成，共同构成与腹内压力相对抗的腹壁肌层。

腹壁肌共分两群，即前外侧群和后群。

前外侧群包括腹直肌、腹外斜肌、腹内斜肌和腹横肌。腹直肌位于中线的两旁，起自胸骨剑突和第五至第七肋软骨，向下止于耻骨联合和耻骨结节之间。此肌被 3～4 条腱划所横断。腱划为原始肌节愈合的痕迹。腹外斜肌在腹侧壁的最浅层，以 8 个肌齿起自下 8 个肋骨的外面，各肌齿与前锯肌、背阔肌的肌齿相互交错。肌纤维斜向前下方，后部纤维止于髂嵴，余部移行为腱膜，经腹直肌的前面至腹部正中线，与对侧同名腱膜结合。腹外斜肌腱膜的下缘张于髂前上棘和耻骨结节之间，构成腹股沟韧带。自腹股沟韧带的内侧端向下发出一小束腱纤维，止于耻骨梳，称陷窝韧带(图5-39)。

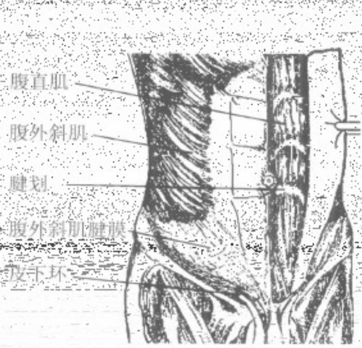


图 5-39 腹部肌肉

腹壁的动脉来源，脐平面以上、肋下部分为肋间前动脉、肋下动脉的外侧皮支穿出，脐周附近有数支腹壁浅动脉的脐旁穿支穿出，靠近腹股沟有腹壁浅动脉和旋髂浅动脉穿出。

髂外动脉的内侧有同名静脉，周围有淋巴结。其行程中发出小支至腰肌及淋巴结。在腹股沟韧带的附近发出腹壁浅动脉及旋髂浅动脉两大支。

腹壁浅动脉在腹股沟韧带下方，起于股外动脉末端的前壁，弯曲地沿腹壁内面上升，经腹膜与腹横筋膜之间，自半环线部入腹直肌鞘中，达腹直肌后面。分支于腹直肌后面继续上升至脐部与腹壁上动脉吻合。此动脉起始部在腹股沟管腹环的内侧，至前腹壁内面，由腹膜构成腹壁动脉襞，为腹股沟内侧凹与外侧凹之间的界限。

旋髂浅动脉在腹股沟韧带下方，起于股外动脉，或与腹壁浅动脉共干，自卵圆窝出至皮下，沿腹股沟韧带下缘向外上方斜升至髂前上棘附近，循髂嵴后行，分布于皮肤和筋膜(图 5-40)。

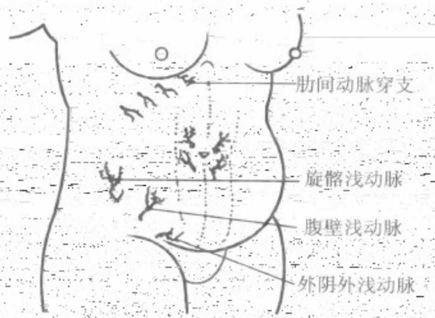


图 5-40 腹部动脉

胸腹壁静脉位于胸腹壁的外侧，向上注入腋静脉。在脐环周围有丛状的脐周静脉网与附脐静脉吻合。腹壁的浅静脉引流腹壁下部的浅静脉血，向下经大隐静脉汇入股静脉(图 5-41)。

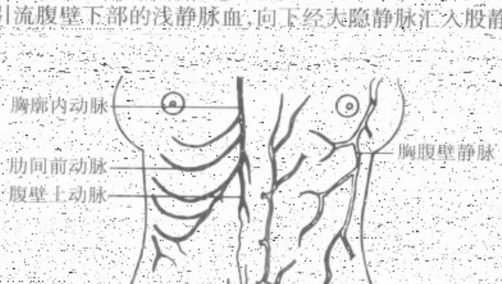


图 5-41 腹壁浅层血管

腹部的皮神经与胸部相同，节段性分前皮支和外侧皮支。

前皮支分别来自下 5 对肋间神经、1 对肋下神经、髂腹下神经和髂腹股沟神经。其中肋间神经的前皮支在腹正中线的两旁穿腹直肌鞘而至皮下，分布于耻骨联合上 3～4cm 以上的皮肤；髂腹下神经的前皮支在腹股沟管皮下环的上方穿腹外斜肌腱膜至皮下，分布于耻骨联合上方的皮肤；髂

腹股沟神经的前皮支经腹股沟浅环至皮下，分布于腹股沟及阴囊大阴唇区的皮肤。

下 5 对肋间神经的外侧皮支在腹外斜肌起始部的锯齿缘(相当于腋中线)穿出至皮下，分布于腹壁的侧面；肋下神经和髂腹下神经的外侧皮支分布于臀部。

二、适应证

肥胖几乎都是从腰围增大开始的，女性首先感到下腹部渐渐隆起，而男性多从上腹部开始发胖。肥胖的腹部使人的体态臃肿，行动迟缓。

腹部脂肪抽吸术适用于腹部皮下脂肪堆积、单纯性肥胖症以及因疾病长期服用激素者。检查时只需用双手的食指和拇指捏起受术者腹部皮肤皱褶，厚度大于 2cm 时，手术将会有显著的效果。

需要注意的是，男性求术者中有很大一部分是由于腹腔内容物多造成腹部隆起，而皮下脂肪并未见堆积，这些患者不宜行脂肪抽吸术。

三、禁忌证

腹部是人体最大的脂肪库，其脂肪蕴藏量很大，脂肪抽吸面积也很大，因此应重视全身的健康检查，术前应做重要脏器和血液系统的常规检查。对因疾病长期服用激素者，经内科治疗得到有效控制，确认已停药半年后，方可进行手术。腹壁和腹腔肿瘤为腹部脂肪抽吸术的禁忌证。

四、手术设计

腹部是脂肪抽吸术最常见的部位，也是中青年女性容易暴露的部位，外观平整、曲线优美、无痕无迹往往是受术者的最低要求。

关于腹部脂肪抽吸术的切口，应考虑保持腹部皮肤的完整，避免出现对称性瘢痕。手术切口可设计在脐缘，并以手术切口为中心，做腹部平面 360°的旋转抽吸(图 5-42)。在抽吸腹外侧时可充分利用腹壁的柔软性，尽量向两侧腋中线、腋后线抽吸(图 5-43)。

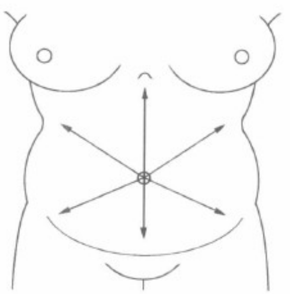


图 5-42　腹部脂肪抽吸术的切口

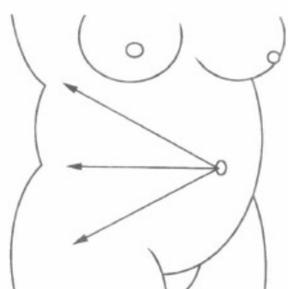


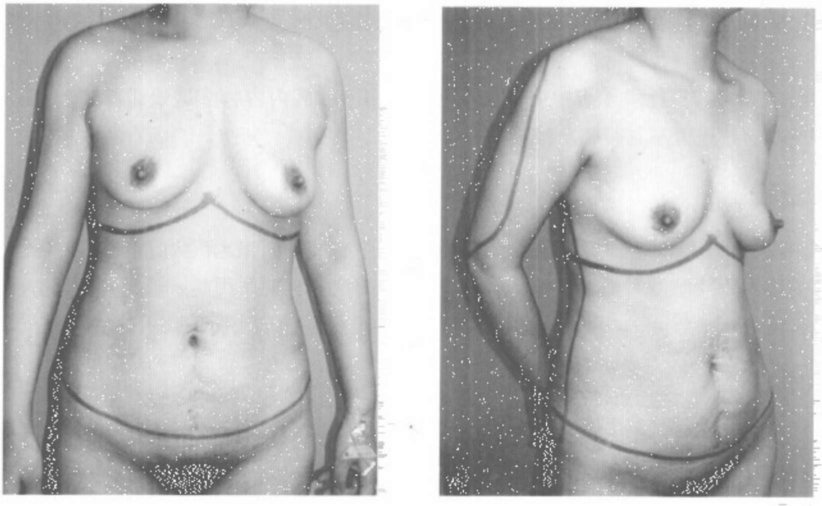
图 5-43　抽吸腹外侧时尽量向两侧腋中线、腋后线抽吸

腹部脂肪抽吸术可以与髂腰部脂肪抽吸术同时进行，即在腰腹部环形吸脂，手术效果将会非常显著。

五、手术操作

（一）亚甲蓝标记脂肪抽吸范围

腹部上方至双侧乳房下方约2cm处，下方至耻骨联合、腹股沟上方，外侧向后超过腋中线。确认无误后固定标记线（图5-44）。



A　　B

图5-44　腹部脂肪抽吸术标记

A. 正面　B. 侧面

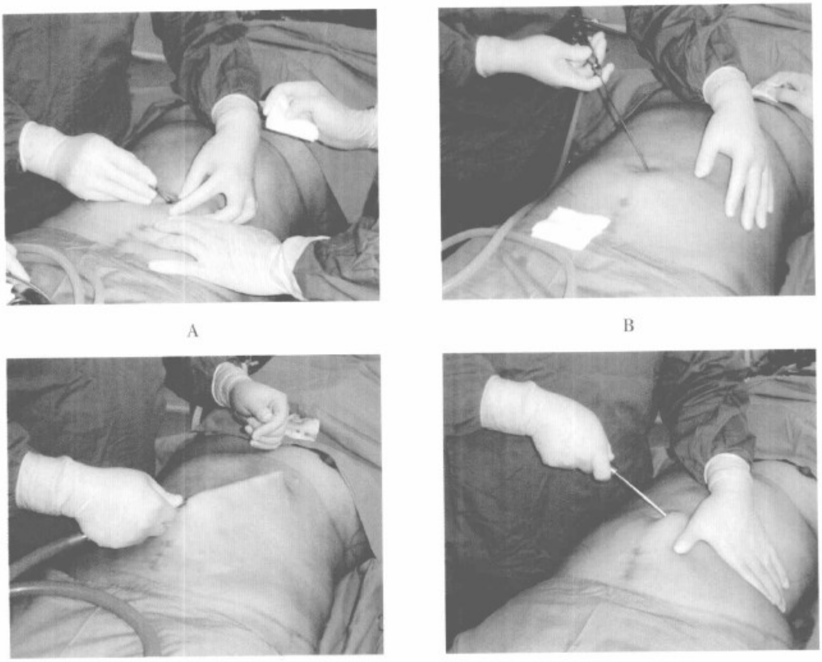
（二）麻醉及手术器械

在全身麻醉下，取1:600000肾上腺素生理盐水混合液，在皮下均匀注入1500～2500ml，使腹部皮下脂肪充分均匀肿胀。手术器械采用抽速30L/min以上的脂肪吸引器，用4×300mm钝头单侧孔脂肪抽吸管抽吸。

（三）手术方法

受术者取仰卧位，在脐缘两侧面作长约5mm的切口，在切口周围的皮下潜行分离。将抽脂管经切口插入腹部皮下，进行等平面、扇形隧道抽吸。腹部脂肪抽吸的层次位于腹部深筋膜的浅层。右手持抽脂管作均匀的往返抽动；左手轻压在抽脂管上，感觉抽脂管在皮下的深度和运动轨迹。保持抽脂管距皮肤表面0.3～0.5cm时向下抽吸脂肪，可获得较理想的手术效果（图5-45）。

术毕，反复检查双侧对称性，保持均匀一致。无须放置引流管，切口不必缝合，用弹性腹带加压包扎（图5-46）。



A　B　C　D

图 5-45　腹部脂肪抽吸术

A. 切口　B、C. 等平面、扇形隧道抽吸　D. 向腰部抽吸

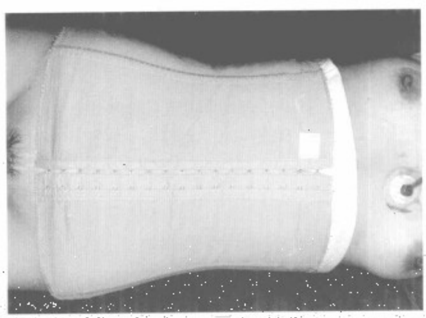


图 5-46　腹部脂肪抽吸术包扎

（四）术后处理

术后持续加压包扎 30 天，口服抗生素 3 天。1 个月后可行局部按摩，3 个月后最佳手术效果出现。

（五）术中注意事项

1　在注入肿胀液时，力求平整均匀，避免发生因肿胀液注入不均匀所致的抽吸后不平整。

2　腹部脂肪抽吸时，腹肌在麻醉作用下非常松弛，应注意抽脂管插入的深度。用力插入或插入过深时，极易误伤腹腔内的脏器。

六、相关并发症及其处理

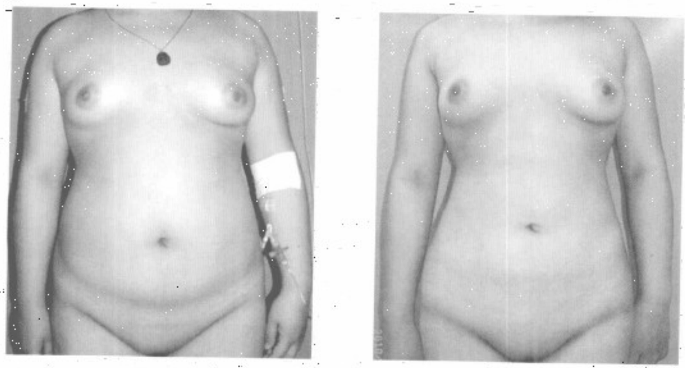
腹部的脂肪组织依附于柔软的腹壁之外，脂肪抽吸术极易造成局部不平整。在肿胀液注入不均匀时容易造成误判，将肿胀液注入过多的部位过度抽吸，而肿胀液注入较少的部位抽吸较少，待肿胀消退后，过度抽吸的部位就会出现凹陷。另外，因术后包扎的压力不均衡，或做过多的弯腰屈曲动作，也会造成脂肪抽吸部位皮下的不均衡粘连，形成横行或不规则的凹陷。

出现凹陷的部位需在一年以后，待皮下的瘢痕组织完全软化后，用少量脂肪注入充填，直至平整。

七、相关案例

（一）案例 1

女性，19 岁，自觉肥胖 3 年，行腹部脂肪抽吸术（图 5-47）。

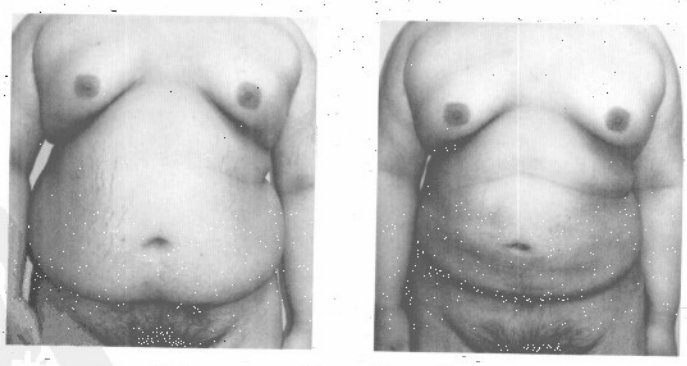


A　　B

图 5-47　腹部脂肪抽吸术（案例 1）
A. 术前　B. 术后

（二）案例 2

男性，16 岁，自幼肥胖，行腹部脂肪抽吸术（图 5-48）。



A　　B

图 5-48　腹部脂肪抽吸术（案例 2）
A. 术前　B. 术后

第五节 髂腰部脂肪抽吸术

一、相关解剖

髂腰部位于背部的下方，是整个背部的一部分。在临床上髂腰部可作为单独的部位进行脂肪抽吸，也可以和腹部脂肪抽吸组合成腰腹环形脂肪抽吸术，以取得更加显著的手术效果。髂腰部皮肤较厚，移动性小，有较丰富的毛囊和皮脂腺，浅筋膜致密而厚，脂肪组织较多，借许多结缔组织纤维束与深筋膜相连。两侧腰区的浅筋膜含脂肪较多。

髂腰部皮神经分别来自胸神经和腰神经的后支。第一至第三腰神经后支的外侧支组成臀上皮神经，行经腰区，穿胸腰筋膜浅出，越髂嵴后分布于臀区上部。

浅层血管来自腰动脉分支。骶尾区血管来自臀上、下动脉等的分支。各动脉均有伴行静脉。

髂腰部的深筋膜分浅、深两层，浅层薄弱，位于斜方肌和背阔肌表面；深层较厚，称胸腰筋膜。骶尾区的深筋膜薄弱，与骶骨背面骨膜相贴。

胸腰筋膜又称腰背筋膜，在胸背区较为薄弱，至腰区增厚，覆于竖脊肌表面，向上续项筋膜，向下附于骶骨后面和髂嵴，内侧附于胸椎棘突和棘上韧带，外侧附于肋角。

胸腰筋膜在胸下部和腰部可分为前、中、后三层。前层又称腰方肌筋膜，位于腰大肌、腰方肌前面。中层分隔竖脊肌与腰方肌，内侧附于腰椎横突尖和横突间韧带，外侧在腰方肌外侧缘与前层愈合，形成腰方肌鞘，并作为腹横肌起始部的腱膜，向上附于第12肋下缘，向下附于髂嵴。中层上部张于第12肋与第1腰椎横突之间的部分增厚，形成腰肋韧带。后层覆于竖脊肌后面，与背阔肌和下后锯肌腱膜愈着，向下附于髂嵴，内侧附于腰椎棘突和棘上韧带，外侧在竖脊肌外侧缘与中层愈合，形成竖脊肌鞘。

髂腰部由背肌和部分腹肌组成，浅层有斜方肌、背阔肌和腹外斜肌后部及下后锯肌等，深层有竖脊肌和腹横肌后部（图 5-49）。

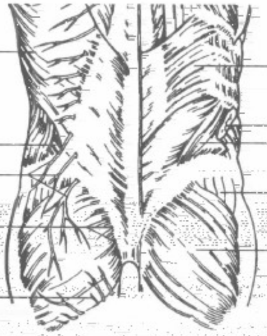


图 5-49 臀部浅层肌肉、皮神经

腰上三角位于背阔肌深面，第十二肋的下方，是由竖脊肌外侧缘、腹内斜肌后缘、第十二肋或下后锯肌共同围成的一个三角形间隙。三角的底为腹横肌起始部的腱膜，腱膜深面有3条与第十二

二肋平行排列的神经，自上而下分别为肋下神经、髂腹下神经和髂腹股沟神经。

腰上三角是腹后壁薄弱区之一，腹腔器官可经此三角向后突，形成腰疝。

腰下三角位于腰区下部，腰上三角的外下方，由髂嵴、腹外斜肌后缘和背阔肌前下缘围成。三角的底为腹内斜肌，表面仅覆以皮肤和浅筋膜（图 5-50）。

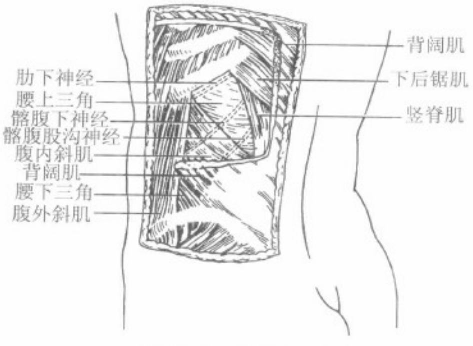


图 5-50　髂腰部三角

髂腰深部的血管主要由肋间后动脉和腰动脉等供血，骶尾区由臀上、下动脉等供血。脊柱区深部的静脉与动脉伴行，并可通过椎静脉丛广泛地与椎管内、盆部等处的静脉相交通。

髂腰部的神经主要来自 31 对脊神经后支、副神经。

腰神经后支分布于腰区、臀区皮肤和深层肌，骶、尾神经后支分布于骶骨背面和臀区皮肤。

二、适应证

髂腰部是个不易被重视的部位，一旦发现体形变胖时，这里已经蓄积了大量的脂肪。当需要进行腹部脂肪抽吸术时，应首先想到是否与髂腰部脂肪抽吸术同时进行。单纯的髂腰部脂肪堆积是髂腰部脂肪抽吸术的绝对适应证。

三、禁忌证

同腹部脂肪抽吸术一样，应重视全身的健康检查，术前应做重要脏器和血液系统的常规检查。因疾病长期服用激素者，经内科治疗得到有效控制，确认已停药半年后，方可进行手术。腰疝及腰椎隐裂脊膜膨出是髂腰部脂肪抽吸术的禁忌证。

四、手术设计

髂腰部脂肪抽吸术的手术设计应从减少手术切口，尽量保持皮肤的完整性考虑，可分为上下两路进行脂肪抽吸。

髂腰部脂肪抽吸术的上路切口可设计在双乳房下缘平面与背部正中线交汇点处，即背部脂肪抽吸术的背部正中切口，从髂腰部正中最上端向下方和双侧部进行抽吸，同时向外侧至双侧腋中线进行抽吸（图 5-51）。下路切口设计在臀沟顶点，由此进行抽吸，同时向上方至双侧肋缘进行抽吸，同时向外侧至双侧腋中线进行抽吸（图 5-52）。手术切口设计在臀沟顶点，术后手术切口瘢痕会融入臀沟中而不留痕迹（图 5-53）。

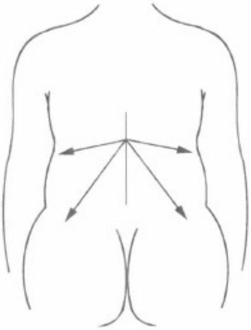


图 5-51　髂腰部脂肪抽吸术的上路切口

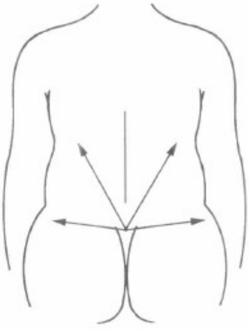


图 5-52　髂腰部脂肪抽吸术的下路切口

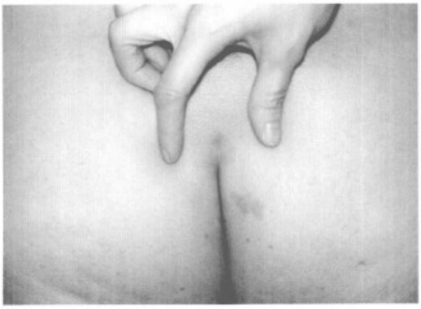
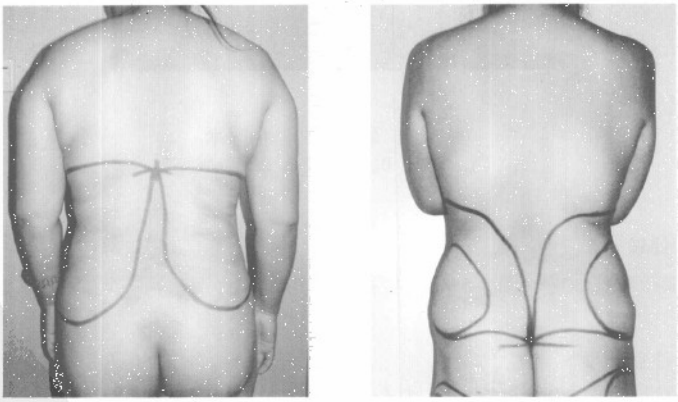


图 5-53　髂腰部脂肪抽吸术下路切口痕迹

五、手术操作

（一）亚甲蓝标记脂肪抽吸范围

腹部上方至双侧乳房下方约 2cm 处，下方至耻骨联合、腹股沟上方，外侧向后超过腋中线。确认无误后固定标记线（图 5-54）。



A　　B

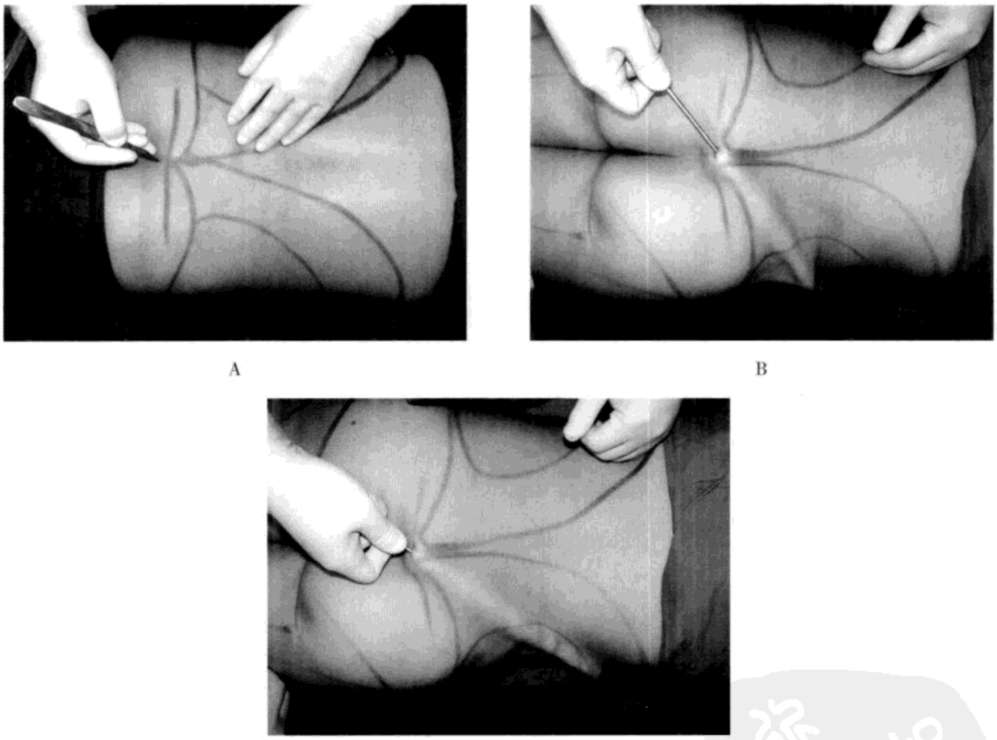
图 5-54　髂腰部脂肪抽吸术切口标记
A. 上路切口标记　B. 下路切口标记

（二）麻醉及手术器械

在全身麻醉下，取 1:600000 肾上腺素生理盐水混合液，在皮下均匀注入 1000～2000ml，使髂腰部皮下脂肪充分均匀肿胀。手术器械采用抽速 30L/min 以上的脂肪吸引器，用 4×300mm 钝头单侧孔脂肪抽吸管抽吸。

（三）手术方法

受术者取俯卧位，在臀沟顶点作长约 10mm 的切口，在切口上方的皮下潜行分离。将抽脂管经切口插入皮下，进行等平面、扇形隧道抽吸。髂腰部脂肪抽吸的层次位于胸腰筋膜浅层。右手持抽脂管作均匀的往返抽动；左手轻压在抽脂管上，感觉抽脂管在皮下的深度和运动轨迹。保持抽脂管距皮肤表面 0.5～1.0cm 时向下抽吸脂肪，可获得较理想的手术效果（图 5-55）。



A　　B

C

图 5-55　髂腰部脂肪抽吸术

A. 切口　B、C. 等平面、扇形抽吸

（四）术后处理

术后持续加压包扎 30 天（图 5-56），口服抗生素 3 天。1 个月后可行局部按摩，3 个月后最佳手术效果出现。

（五）术中注意事项

1 在注入肿胀液时，力求平整均匀，避免发生因肿胀液注入不均匀而造成抽吸后的不平整；

2 髂腰部脂肪抽吸时，无论是从上路还是下路抽吸，吸脂管都有直接正对腰下三角和腰上三角的时候。位于肌肉间的三角区下非常薄弱，应注意抽脂管插入的深度，用力插入或插入过深时，

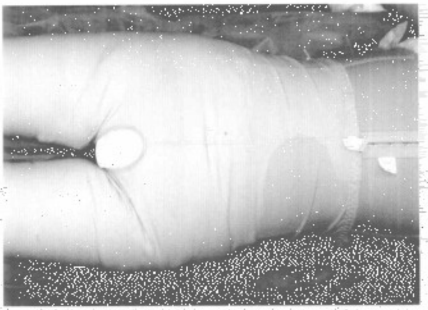


图 5-56 髂腰部脂肪抽吸术包扎

极易误伤腹腔内的脏器。

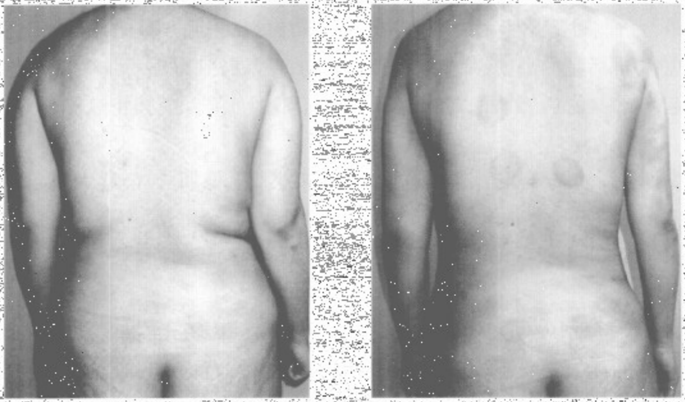
六、相关并发症及其处理

髂腰部极易蓄积脂肪组织，受肋缘、腹外侧肌肉和髂骨的影响，这个部位脂肪的水平剖面是呈弧形生长的，脂肪抽吸时易造成不平整或抽吸不足。抽吸时，应顺势沿胸腰筋膜作弧形轨迹的抽吸，并注意保持吸脂管远端的皮片厚度。出现凹陷时，需在一年以后，待皮下的瘢痕组织完全软化后，将少量脂肪注入充填在凹陷部位直至平整。

七、相关案例

（一）案例 1

见图 5-57。



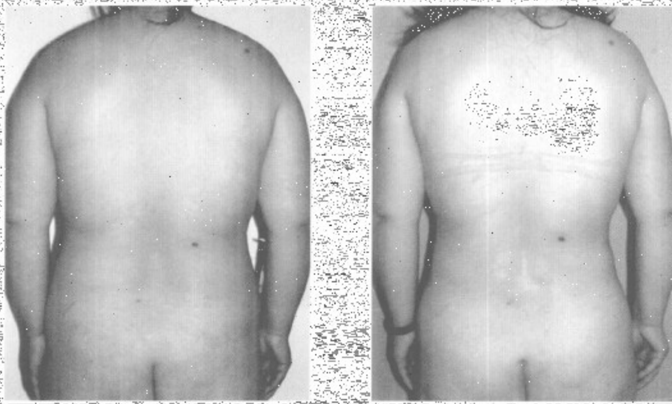
A　　　　　　　　　　B

图 5-57 髂腰部脂肪抽吸术（案例 1）

A. 术前 B. 术后

（二）案例 2

见图 5-58。



A　　B

图 5-58　髂腰部脂肪抽吸术（案例 2）
A. 术前；B. 术后

第六节　臀部脂肪抽吸术

一、相关解剖

臀部由骶髂骨、股骨上端的大量肌肉和脂肪所构成，脂肪所占的比例很大。臀部肌肉的深层有通向下肢的神经、血管。臀部抽脂术的重点在于减小臀围，将松弛下垂的部分修饰上提，缩小臀围的宽度，适当调整臀部后翘的高度，减少臀上部的脂肪，使从腰到臀部的曲线圆滑流畅。

臀部肌肉起自骨盆的内、外面，越过髋关节止于股骨上端。按其止点和作用，可分为前、后两群。

前群为髂腰肌和阔筋膜张肌。髂腰肌由腰大肌、腰小肌和髂肌合成。腰大肌起自腰椎体的侧面和横突；腰小肌长形，贴于腰大肌前后，有时缺如；髂肌起自髂窝。三肌相合，经腹股沟韧带的深方，下行至髋关节的前面，止于股骨的小转子。阔筋膜张肌位于大腿的外侧，起于髂前上棘，通过髂胫束止于胫骨外侧踝。

后群有 7 块肌肉，分别为臀大肌、臀中肌、臀小肌、梨状肌、闭孔内肌、股方肌、闭孔外肌。臀大肌呈宽厚的四边形，位于臀部皮下，起自髋骨的外面和骶骨的背面，纤维斜向外下，覆盖大转子，止于股骨的臀肌粗隆（图 5-59）。

髂腰肌受腰丛的肌支和股神经的肌支支配，臀大肌受臀上神经支配，阔筋膜张肌受臀下神经支配（图 5-60）。

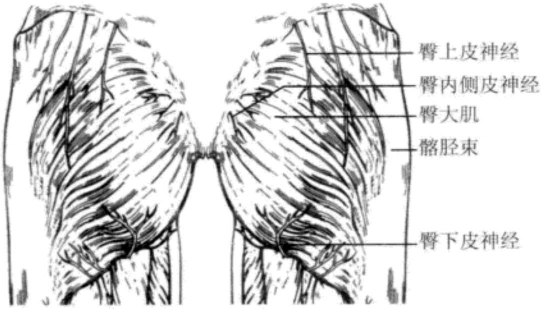


图 5-59　臀部肌肉

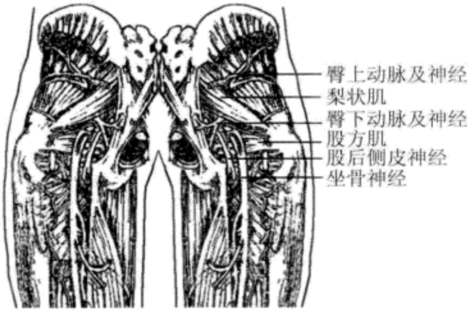


图 5-60　臀部神经

二、适应证

臀部在人体结构中起到承上启下的作用。脂肪堆积使臀部外观肥大丰腴，缺乏弹性，臀围线过大，并向两侧外下方松垂，有时呈倒三角形或四方形。臀部两侧与大腿的两侧无明显界限，因此过大的臀部会感觉双腿也变短。过大或肥胖的臀部都是脂肪抽吸术的适应证。

三、禁忌证

同腹部脂肪抽吸术一样，应重视全身的健康检查，术前应做重要脏器和血液系统的常规检查。因疾病长期服用激素者，经内科治疗得到有效控制，确认已停药半年后，方可进行手术。

四、手术设计

臀部脂肪抽吸术的切口设计在臀沟顶点和臀横纹处，在这些部位做皮肤切口，可以均匀、对称地进行臀部脂肪抽吸。

臀沟顶点切口与髂腰部脂肪抽吸术的下路切口完全一致，向外侧、下侧进行脂肪抽吸，减少臀部的厚度和宽度，特别适合于臀上部肥大的患者，亦可与髂腰脂肪抽吸术同时进行(图 5-61)。臀横纹切口与大腿后侧脂肪抽吸术的切口完全一致，对减少臀部宽度较为方便，适合于臀下部肥大的患者，也可以和大腿脂肪抽吸术同时进行(图 5-62)。

对于与大腿和腰部相邻的部位，要特别注意处理好已做过脂肪抽吸区域向未做过脂肪抽吸区域的过渡，避免在身体上留下台阶，必要时可与大腿脂肪抽吸术同时进行。在术后数月，手术切口的痕迹会消失在皮肤的皱褶里，不易被看出。

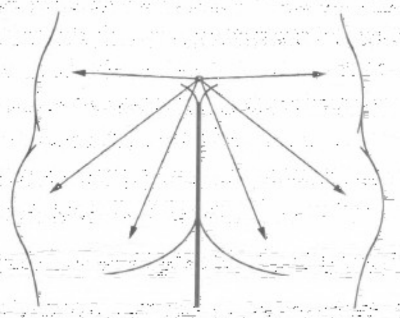


图 5-61　臀部臀沟顶点切口

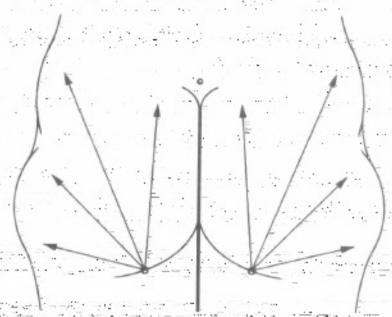
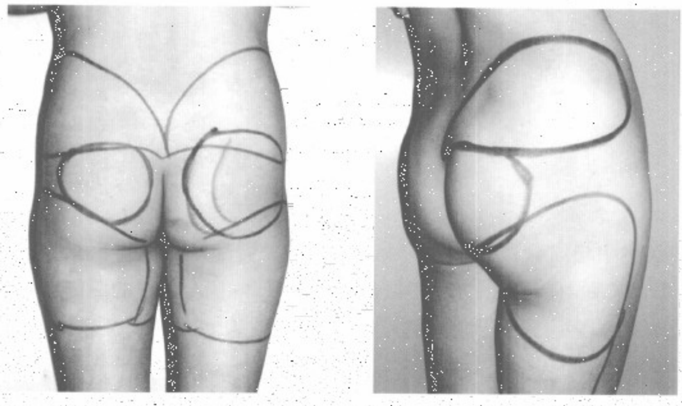


图 5-62　臀部臀横纹切口

五、手术操作

（一）亚甲蓝标记脂肪抽吸范围

臀部上方至双侧髂嵴顶点，下方至臀横纹上方，外侧可近至髂前上棘垂线的外侧。确认无误后固定标记线（图 5-63）。



A　　B

图 5-63　臀部脂肪抽吸术的标记
A. 正面　B. 侧面

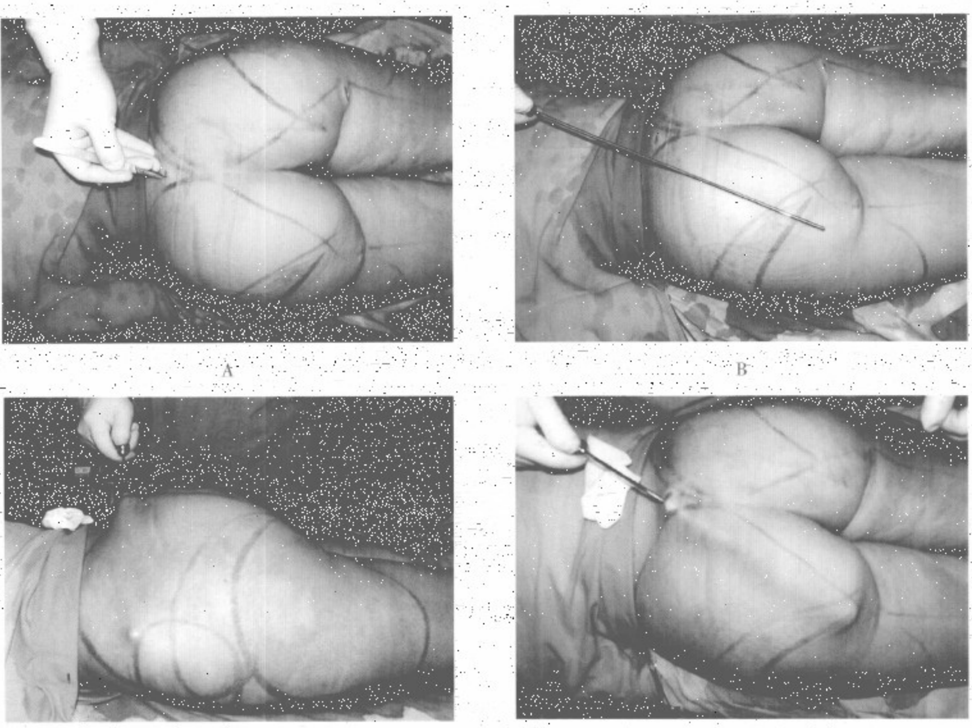
（二）麻醉及手术器械

在全身麻醉、腰麻或连续硬脊膜外麻醉下，取 1:600000 肾上腺素生理盐水混合液，在皮下均匀注入 1000～2000ml，使臀部皮下脂肪充分均匀肿胀。手术器械采用抽速 30L/min 以上的脂肪吸引器，用 4×300mm 钝头单侧孔脂肪抽吸管抽吸。

（三）手术方法

受术者取俯卧位，在臀沟顶点和两侧臀横纹中点各作长约 10mm 的切口，在切口皮下潜行分离。将抽脂管经切口插入皮下，两侧臀部进行等平面、扇形隧道抽吸。臀部脂肪抽吸的层次位于臀大肌筋膜浅层。右手持抽脂管作均匀的往返抽动；左手轻压在抽脂管上，感觉抽脂管在皮下的深度和运动轨迹。保持抽脂管距皮肤表面 0.5～1.0cm 时向下抽吸脂肪，可获得较理想的手术效果（图5-64）。

PDG



A B C D

图 5-64 臀部脂肪抽吸术

A. 切口 B、C、D. 等平面、扇形隧道抽吸

（四）术后处理

术后持续加压包扎 30 天，口服抗生素 3 天。1 个月后可行局部按摩，3 个月后最佳手术效果出现。

（五）术中注意事项

1 在注入肿胀液时，力求平整均匀，避免发生因肿胀液注入不均匀所致的抽吸后的不平整。

2 臀部脂肪抽吸时，无论是从臀沟顶点入路还是从臀横纹中点入路抽吸，吸脂管都应在脂肪层较深的时，过浅的脂肪抽吸会造成大腿在屈膝时的凹凸不平。

六、相关并发症及其处理

臀部极易蓄积脂肪组织，受骨盆、大腿肌肉的影响，这个部位脂肪的水平剖面是呈弧形生长的，脂肪抽吸时易造成不平整或抽吸不足。

抽吸时，应顺势沿骨盆、大腿肌肉作弧形轨迹的抽吸，并注意保持吸脂管远端的皮片厚度。

出现凹陷时，需在一年以后，待皮下的瘢痕组织完全软化后，在凹陷处注入少量脂肪充填，直至平整。

七、相关案例

见图 5-65。

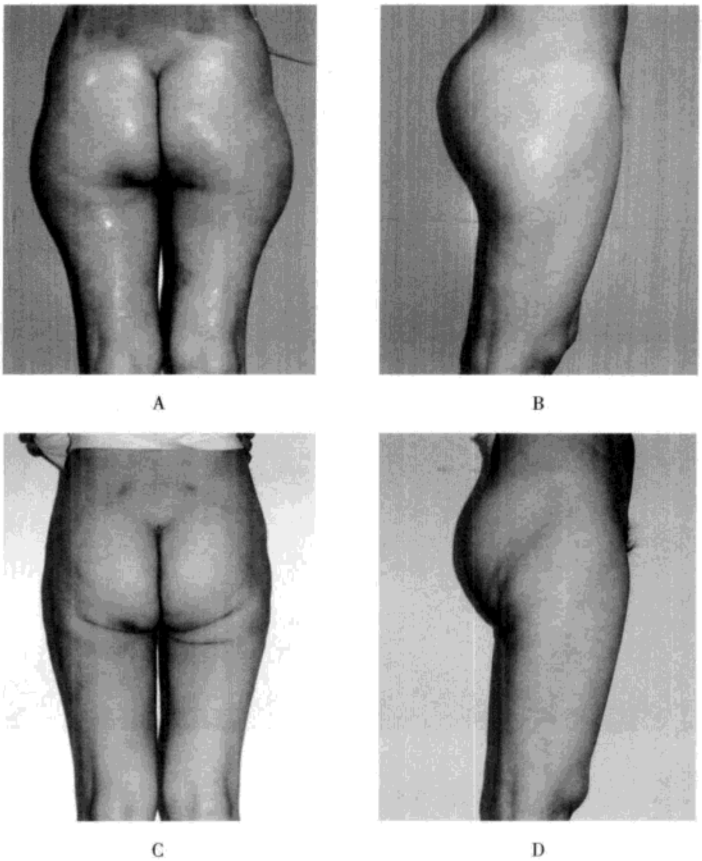


图 5-65　臀部脂肪抽吸术
A、B. 术前正、侧面　C、D. 术后正、侧面

第七节　上臂脂肪抽吸术

一、相关解剖

上臂通过肩部与颈部、胸部相连。上臂前面纵形的肌肉隆起为肱二头肌，其两侧形成肱二头肌内、外侧沟。内侧沟起于腋前襞，有上臂前区血管走行；外侧沟较短，起于三角肌的止点，终于肘窝，头静脉沿此沟上行。三角肌粗隆位于上臂中段外侧，有三角肌覆盖（图 5-66）。肱三头肌长头起自肩胛骨的盂下结节，外侧头起自肱骨背侧面桡神经沟以上的骨面，内侧头起自桡神经沟以下的骨面。三头合成一个肌腹，以短腱止于尺骨鹰嘴，受桡神经支配。肱骨肌管又名桡神经管，是由肱三头肌三头与肱骨中部后面形成的管道，内有桡神经及肱深血管经过。

上臂前内侧的皮肤较薄且有移动性，浅筋膜薄而疏松，正常体重时，皮下脂肪蓄积量不多。臂外侧上部有臂外侧上皮神经，下部有臂外侧下皮神经；臂内侧下部有臂内侧皮神经，上部有肋间臂



图 5-66　上臂肌肉

神经分布。肱二头肌外侧沟下部有头静脉及前臂外侧皮神经;肱二头肌内侧沟下部有贵要静脉及前臂内侧皮神经走行,它们在臂的中点平面出入深筋膜,贵要静脉注入肱静脉或直接续腋静脉。

上臂后外侧的皮肤较厚,浅筋膜比前内侧致密,易于蓄积较多的皮下脂肪。

上臂后外侧深层有桡神经发自臂丛后束,在腋窝位于腋动脉的后方,随肱深动脉进入肱骨肌管,在臂中、下 1/3 交界处与桡侧副动脉一起穿外侧肌间隔进入肘前区,继续在肱桡肌与肱肌之间下行。桡神经在桡神经沟处紧贴肱骨骨面,并在穿经臂外侧肌间隔时被其固定于骨面上,活动性小。

上臂后外侧浅筋膜内有 3 条皮神经,臂外侧皮神经是腋神经的分支,于三角肌后缘中点下方穿出深筋膜,分布于三角肌区及上臂外侧区皮肤;臂外侧下皮神经发自桡神经,分布于臂外侧下部的皮肤;臂后皮神经在腋窝内起自桡神经,分布于臂后区的皮肤(图 5-67)。



图 5-67　上臂后区神经

肱深动脉是肱动脉最大的分支,通常在大圆肌和肱三头肌外侧头之间有一返支上升,和旋肱后动脉吻合。肱深动脉向下分为两支,前支伴桡神经下降,为桡侧副动脉,与桡侧返动脉吻合;后支下降于肱三头肌内侧头的纤维里,为中副动脉(图 5-68)。

二、适应证

通常女性在 30 岁以后,上臂围增加非常明显。上臂部的脂肪堆积多在上臂后外部,肥胖的肩

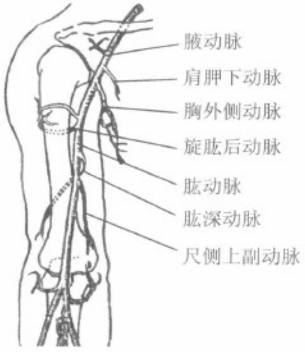


图 5-68　上臂动脉

臂部脂肪一直可以延续到肘关节。上臂前侧、内侧及臂与胸廓的交界部腋窝脂肪较少，且有较大的血管神经通过。上臂是难以蓄积脂肪的部位，但是一旦蓄积了脂肪，就很难除去。特别是擅长上肢运动的人，一旦停止下来，上臂就会蓄积脂肪。

上臂部脂肪堆积是上臂脂肪抽吸术的适应证，必要时可与背部脂肪抽吸术同时进行。检查时只需用双手的食指和拇指捏起受术者上臂部外后侧皮肤皱褶，厚度大于 2cm 时，手术后将会有显著的效果。

三、禁忌证

单纯的上臂脂肪抽吸术，抽吸面积较小，抽出的脂肪量往往不多，对全身功能影响不大。但应重视全身的健康检查，术前应做重要脏器和血液系统疾病的常规检查。因长期服用激素者，经内科治疗得到有效控制，确认停药半年后，方可进行手术。

四、手术设计

上臂是脂肪抽吸术的术最常见的部位之一，也是中青年女性容易暴露的部位，外观平整、曲线优美、无痕无迹往往是受术者的最低要求。

上臂脂肪抽吸术的切口位置，应考虑保持上部皮肤的完整美观，避免出现对称性瘢痕。手术切口可设计在腋后线顶点，向上臂外侧、后侧作脂肪抽吸(图 5-69)。

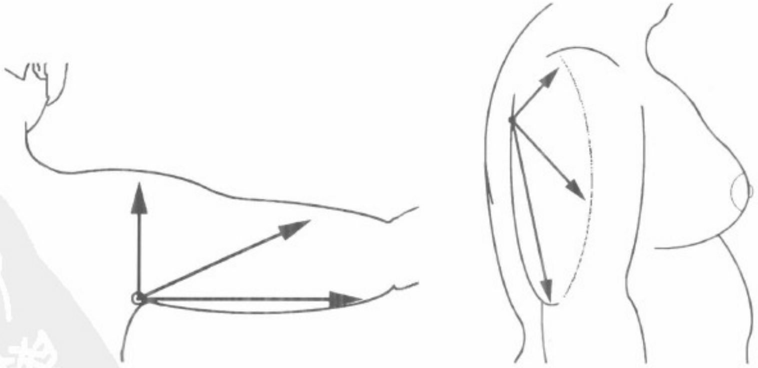
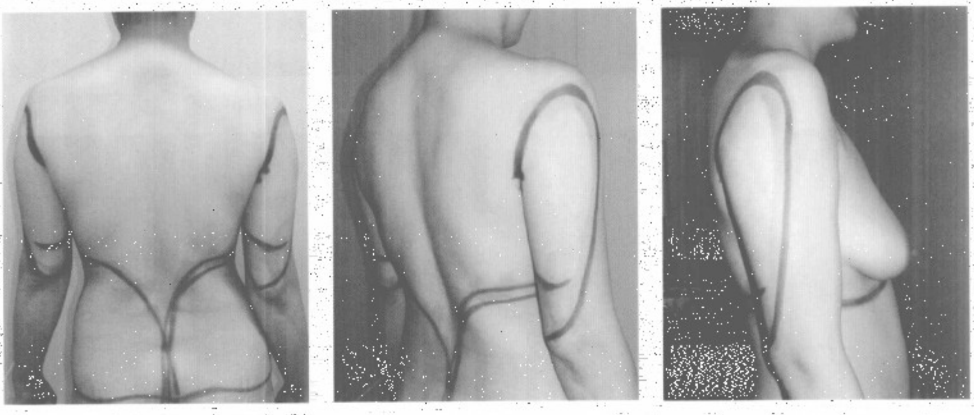


图 5-69 上臂脂肪抽吸术切口设计

五、手术操作

（一）亚甲蓝标记脂肪抽吸范围

肩部上方至肩峰下方约 2cm 处，下方至尺骨鹰嘴上方；外侧向前超过腋中线，内侧向内至腋后线。确认无误后固定标记线（图 5-70）。



A B C

图 5-70 上臂脂肪抽吸术标记

（二）麻醉及手术器械

在全身麻醉下，取 1∶600000 肾上腺素生理盐水混合液，在皮下均匀注入 1000～1500ml，使上臂皮下脂肪充分均匀肿胀。手术器械采用抽速 30L/min 以上的脂肪吸引器，用 4×300mm 钝头单侧孔脂肪抽吸管抽吸。

（三）手术方法

受术者取俯卧位，在两侧腋后线顶点，靠近腋窝的隐蔽处作长约 5mm 的切口，在切口的皮下潜行分离。将抽脂管经切口插入上臂前部皮下，进行等平面、扇形隧道抽吸。上臂脂肪抽吸的层次位于上臂深筋膜的浅层。右手持抽脂管作均匀的往返抽动；左手轻压在抽脂管上，感觉抽脂管在皮下的深度和运动轨迹。保持抽脂管距皮肤表面 0.3～0.5cm 时向下抽吸脂肪，可获得较理想的手术效果（图 5-71）。

（四）术后处理

术毕，反复检查双侧对称性，保持均匀一致。无须放置引流管，切口缝合。穿着弹性束身衣加压包扎（图 5-72）。

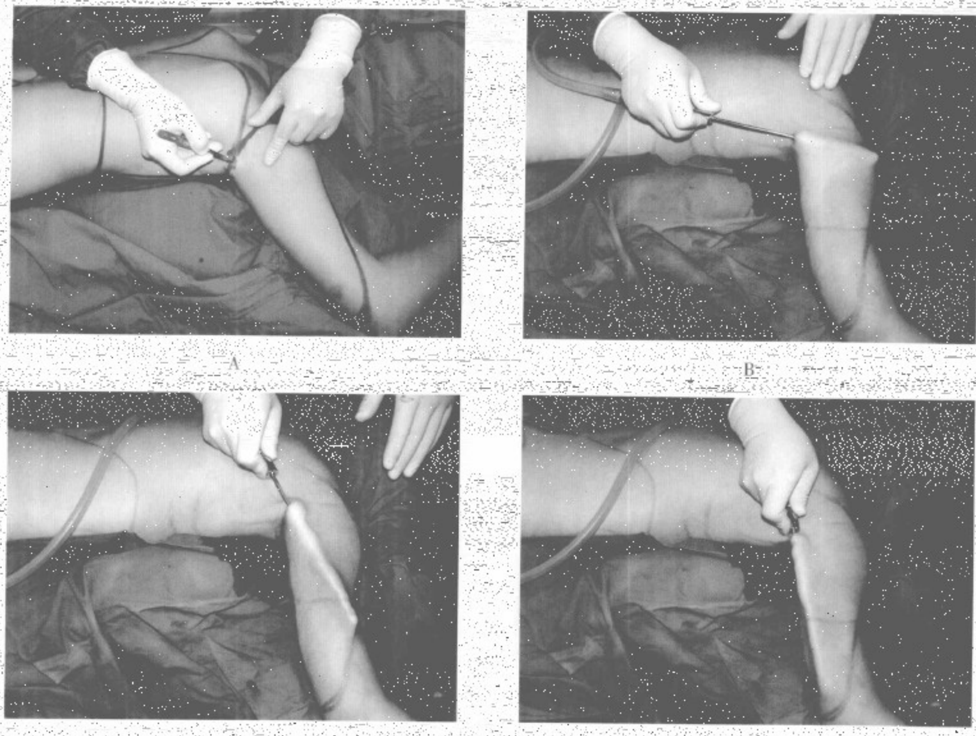


图 5-71　上臂脂肪抽吸术
A. 切口　B、C、D. 吸脂

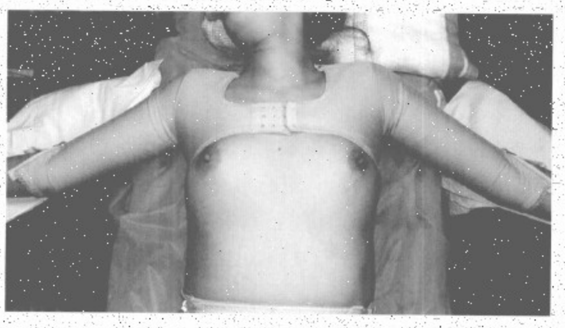


图 5-72　上臂脂肪抽吸术后包扎

（五）术中注意事项

1 在注入肿胀液时，力求平整均匀，避免发生因肿胀液注入不均匀所致的抽吸后不平整。

2 上臂部的脂肪呈薄壁圆筒状，应注意抽脂管插入的深度和侧向的圆弧度，谨防抽脂管用力插入或插入过深，误伤上臂的皮肤和肌肉。

六、相关并发症及其处理

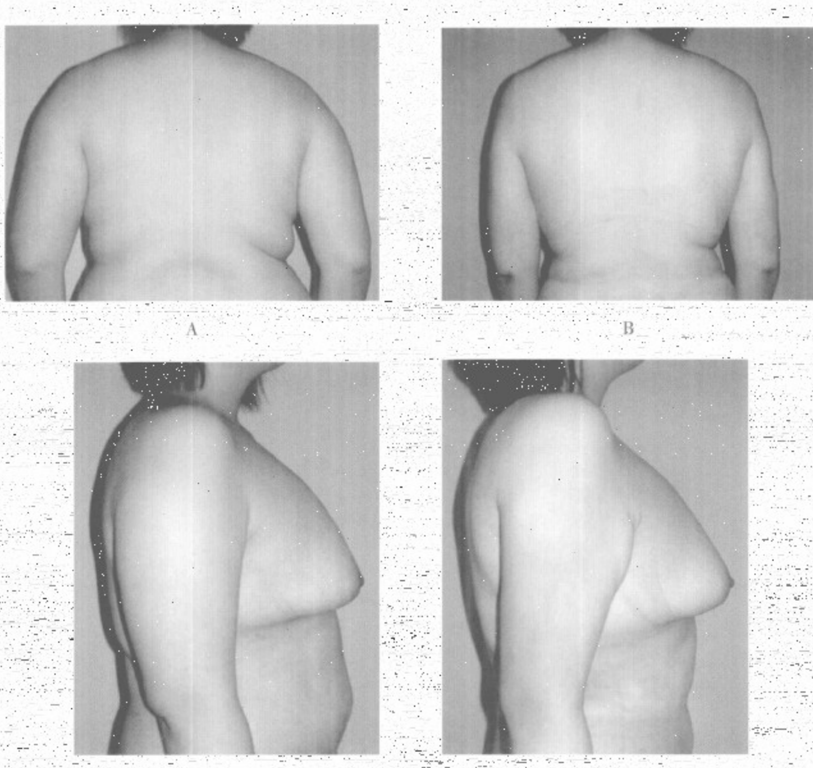
上臂脂肪抽吸术后出现最多的并发症为局部不平整及两侧不对称。

局部不平整是在手术中未能做到均匀、平整地抽吸脂肪所致。需在一年以后，待皮下的瘢痕组织完全软化后将，将少量脂肪注入充填于凹陷部位，直至平整。

两侧不对称是两侧的抽吸量不一致造成的。可在一年以后，对较胖的一侧再次进行脂肪抽吸直至对称。

七、相关案例

见图 5-73。



A　B　C　D

图 5-73　上臂脂肪抽吸术

A. 术前背面　B. 术后背面　C. 术前侧面　D. 术后侧面

第八节　大腿脂肪抽吸术

一、相关解剖

大腿内侧皮肤较薄，移动性大；而前外侧皮肤较厚，移动性小。浅筋膜内含脂肪较多，在近腹股沟处分为脂肪样层和膜样层，分别与腹前壁的 Camper 筋膜和 Scarpa 筋膜相延续。膜样层在腹股沟

韧带下方约一横指处，附着于阔筋膜。浅筋膜内有皮神经、浅血管、浅淋巴管及浅淋巴结等(图5-74)。

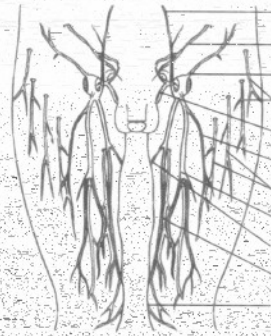


图5-74 大腿前部浅层

大腿肌围绕股骨，前群包括缝匠肌和股四头肌，受股神经支配。内侧群有5块肌肉，自外向内分别为耻骨肌、内收长肌、股薄肌、内收短肌和内收大肌。内收大肌腱与股骨之间夹成一孔，称内收肌腱裂孔。此外，内收大肌前面的一部分肌纤维移行为薄腱板，与股内肌相连接，共同形成内收肌管，内通过股动脉和大隐神经，受闭孔神经支配。后群有3块肌肉，分别为股二头肌、半腱肌和半膜肌。它们同起于坐骨结节，止于小腿骨上端的后面，受坐骨神经支配(图5-75)。

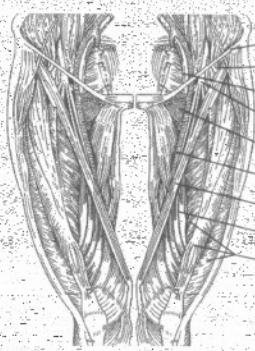


图5-75 大腿肌肉

大腿部的主要血管为股动脉和大隐静脉。

股动脉是髂外动脉的直接连续，沿髂耻窝自股三角的基底部至尖端，然后经内收肌管，自内收肌管裂孔穿出至卵圆窝。股动脉在大腿上部，居缝匠肌与内收长肌之间，与缝匠肌交叉后进入内收肌管中。动脉上端的内侧有股静脉，周围有腹股沟下深淋巴结，前外侧有隐神经沿之下降。

大隐静脉起始于足背静脉网的内侧，经内踝的前方，沿小腿内侧上行至膝关节的内侧，绕至股骨内侧髁后方，再沿大腿前内侧面上行至股上段的卵圆窝处注入股静脉。大隐静脉有三处可以确定：①内踝前方；②股骨内侧髁的后方；③隐静脉裂孔。在隐静脉裂孔附近有5支，即旋髂浅静脉、腹壁浅静脉、阴部外静脉、股内侧浅静脉及股外侧浅静脉。大隐静脉周围为皮下疏松结缔组织，没有肌肉支持。

股静脉在股动脉的后外侧，上行至大腿部上段时转至股动脉的内侧，沿途汇集腹壁浅静脉、阴

茎背皮下静脉、股深静脉、大隐静脉后，穿过腹股沟韧带深面进入腹腔，改称为髂外静脉。

腹股沟浅淋巴结有 10～13 个，分纵、横两群，呈 T 形排列。横群位于腹股韧带下方，分别称腹股沟上外侧浅淋巴结、腹股沟上内侧浅淋巴结；纵群位于大隐静脉近端的两侧，分别称腹股沟下外侧浅淋巴结、腹股沟下内侧浅淋巴结（图 5-76）。

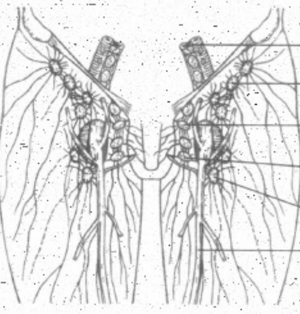


图 5-76 腹股沟淋巴结

大腿外侧区和大腿前区的皮神经有：①股外侧皮神经：分布于大腿外侧，此神经于腹股沟韧带深面、髂前上棘内侧一横指宽处位于缝匠肌表面，于髂前上棘下方 6～10 cm 处穿出阔筋膜，分布于股外侧皮肤；②股神经前皮支：沿缝匠肌穿出阔筋膜，支配股前皮肤；③闭孔神经皮支：分布于股内侧皮肤。

大腿前区的深筋膜范围广，称阔筋膜，是全身最厚的筋膜。其内侧部分较薄；外侧部分较厚，并增强形成髂胫束。髂胫束起自髂嵴，附于胫骨外侧髁。在髂胫束的上 1/3 分为两层，两层之间夹有阔筋膜张肌。

阔筋膜在腹股韧带内侧部下方有一缺口，有大隐静脉、小血管、淋巴管等通过，称为隐静脉裂孔（卵圆窝）。覆盖于隐静脉裂孔表面的疏松结缔组织称为筛筋膜。隐静脉裂孔的外侧缘锐利，称为镰状缘。

大腿部的皮神经为股后皮神经，在股骨大转子与坐骨结节之间出臀大肌下缘，于阔筋膜深面沿股后正中线垂直下降，沿途发出分支，分别穿出深筋膜面分布于股后部，终支于腘窝处浅出。

大腿后区和腘窝的深筋膜为阔筋膜的一部分，向上与臀区、向下与小腿部的深筋膜相延续，向两侧与股前、内侧区的筋膜相延续。腘窝的深筋膜又称腘筋膜，厚而致密（图 5-77）。



图 5-77 大腿后部浅层

二、适应证

成熟肥胖女性的体形基本上近似梨形，即上半身瘦小，下半身肥胖，加上宽大的臀部、粗壮的大腿，给人以沉重的感觉。大腿呈圆柱形，可以堆积很多脂肪，当端坐时，大腿下部的脂肪往往松垂在两侧。

大腿的脂肪分布往往不均衡，前侧脂肪堆积时，大腿前侧呈弓状隆起；外侧和后侧脂肪堆积时，如同臀部下垂一般，显得大腿特别短；内侧脂肪堆积时，夏季两腿摩擦时，会有难言的痛苦与烦恼。

大腿部脂肪抽吸术适用于大腿部皮下脂肪堆积、单纯性肥胖、因疾病长期服用激素者。检查时只需用双手的食指和拇指捏起受术者大腿部的皮肤皱褶，厚度大于 2cm 时，手术将会有显著的效果。

三、禁忌证

大腿的脂肪蕴藏量往往很大，脂肪抽吸面积也很大，故应重视全身的健康检查，术前应做重要脏器和血液系统的常规检查。因疾病长期服用激素者，经内科治疗得到有效控制，确认已停药半年后，方可进行手术。

四、手术设计

大腿脂肪抽吸术要结合臀部及小腿的情况，选择合适的抽吸量。通常臀部不大、小腿不粗的人，可以把大腿的肌肉显露出隐约可见，给人以健壮有力的感觉；臀部较大、小腿不细的人，则需要多保留些脂肪，不至于更加显示出臀部和小腿的比例不均匀。但无论如何也要把大腿后上部分过多的脂肪去除，因为修长的大腿适合于任何一种体形。

大腿是脂肪抽吸术最常见的部位，也是中青年女性常见的暴露部位，外观平整、曲线优美、无痕无迹往往是求术者的最低要求。

设计大腿脂肪抽吸术的切口位置时，应考虑保持大腿皮肤的完整，避免出现暴露部位的对称性瘢痕。大腿前部的手术切口可设计在两侧腹股沟下端内侧，靠近阴毛的隐蔽处(图 5-78)。大腿后部的手术切口应与臀部脂肪抽吸术的下路切口完全一致，即臀横纹切口，向外侧、下侧进行脂肪抽吸，以减少大腿后部的脂肪(图 5-79)。大腿脂肪抽吸术亦可与髂腰脂肪抽吸术同时进行。

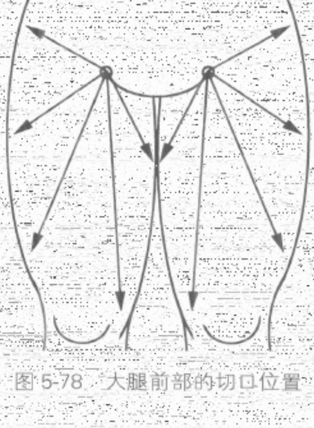


图 5-78　大腿前部的切口位置

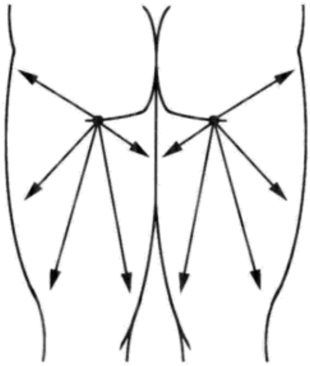


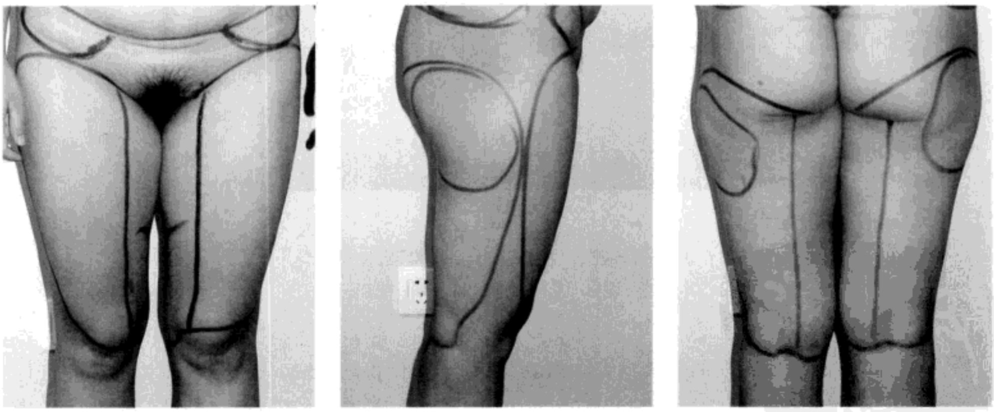
图 5-79　大腿后部的切口位置

要特别注意处理好大腿已做过脂肪抽吸的区域向臀部未做抽吸组织的过渡面，避免在身体上留下台阶，必要时可与臀部脂肪抽吸术同时进行。在术后数月恢复以后，手术切口的痕迹会消失在皮肤的皱褶里，不会被看出。

五、手术操作

（一）亚甲蓝标记脂肪抽吸范围

大腿部前方上界至腹股沟，下界至髌骨上缘两横指处，即与膝的分界面；大腿部后方上界至臀股沟，下界至腘窝上方的前述分界面。确认无误后固定标记线（图 5-80）。



A　　B　　C

图 5-80　大腿脂肪抽吸术标记
A. 前面　B. 侧面　C. 后面

（二）麻醉及手术器械

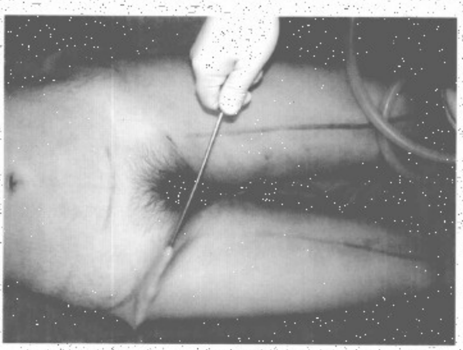
在全身麻醉下，取 1:600000 肾上腺素生理盐水混合液，在皮下均匀注入 1500～2500ml，使大腿部皮下脂肪充分均匀肿胀。手术器械采用抽速 30L/min 以上的脂肪吸引器，用 4×300mm 钝头单侧孔脂肪抽吸管抽吸。

（三）手术方法

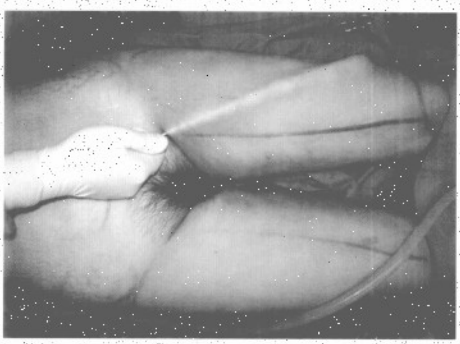
受术者取仰卧位，在两侧腹股沟下端内侧靠近阴毛的隐蔽处作长约10mm的切口，在切口下方的皮下潜行分离。将抽脂管经切口插入大腿前部皮下，进行等平面、扇形隧道抽吸。大腿脂肪抽吸的层次位于大腿深筋膜的浅层。右手持抽脂管作均匀的往返抽动，左手轻压在抽脂管上，感觉抽脂管在皮下的深度和运动轨迹。保持抽脂管距皮肤表面0.3～0.5cm时向下抽吸脂肪，可获得较理想的手术效果（图5-81）。



A



B



C

图5-81　大腿前部脂肪抽吸术

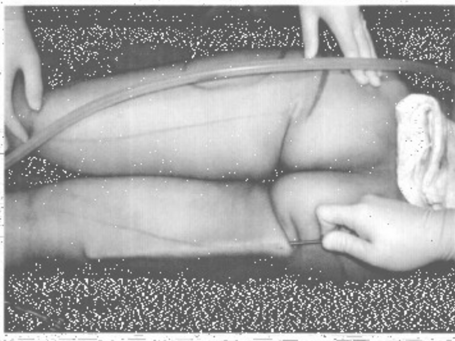
A. 切口　B、C. 等平面、扇形抽吸

随后，受术者取俯卧位，在两侧臀横纹中点皮肤皱褶处，作长约10mm的切口，在切口下方进行向外向下的皮下潜行分离。将抽脂管经切口插入大腿后部皮下，进行等平面、扇形隧道抽吸。保持抽脂管距皮肤表面0.3～0.5cm时向下抽吸脂肪，可获得较理想的手术效果（图5-82）。

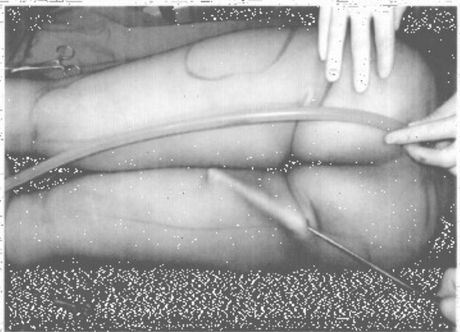
术毕，反复检查双侧对称性，保持均匀一致。无须放置引流管，切口缝合，穿着弹性束身裤加压包扎（图5-83）。



A



B



C

图 5-82 大腿后部脂肪抽吸术
A. 切口 B、C. 等平面、扇形抽吸

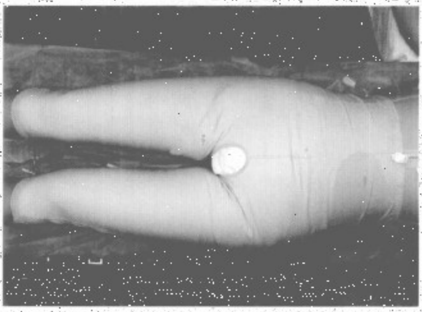


图 5-83 大腿后部脂肪抽吸术包扎

（四）术后处理

术后持续加压包扎 30 天，口服抗生素 3 天，1 个月后可行局部按摩，3 个月后最佳手术效果出现。

（五）术中注意事项

1. 在注入肿胀液时，为求平整均匀，避免发生因肿胀液注入不均匀所致的抽吸后不平整。

2. 大腿部的脂肪呈厚壁圆筒状，应注意抽脂管插入的和侧向的圆弧度，谨防抽脂管用力插入或插入过深，误伤大腿部的皮肤和肌肉。

六、相关并发症及其处理

大腿脂肪抽吸术的常见并发症有大腿皮肤坏死和皮下积液。

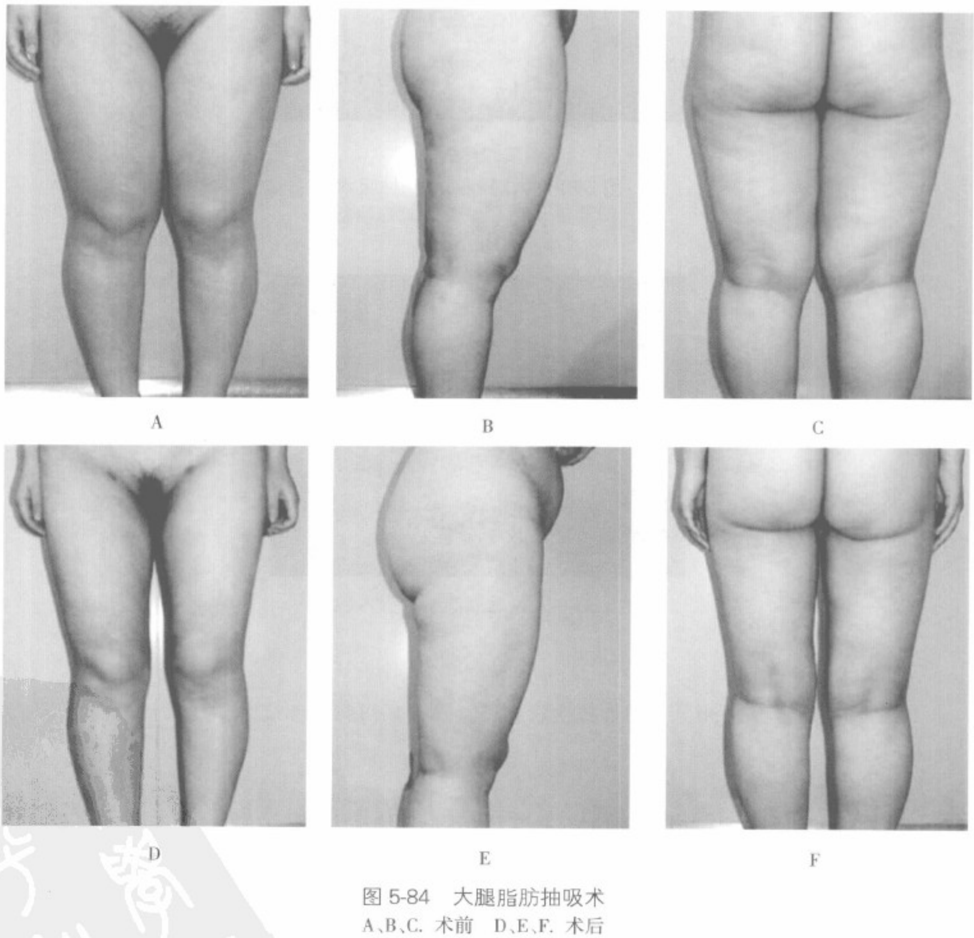
脂肪抽吸术后的大腿皮肤坏死主要是抽脂管放置位置过浅，损伤了皮下的真皮血管网，引起真皮层血供障碍所致，表现为皮肤表面出现血性水疱，皮肤发黑坏死。也可因术后包扎过紧、包扎物压力不均匀摩擦所致。

出现血性水疱时应及时松解束身裤，用注射器抽出水疱内的液体，辅以物理疗法，促进血液循环，保持创面干燥。皮肤发黑坏死区域直径小于 40mm 时，可换药至痊愈；坏死区域直径大于 40mm 时，应及时清创，进行植皮治疗。

脂肪抽吸术后的大腿皮下积液主要是脂肪抽吸术中误伤过多的淋巴管，造成淋巴液回流障碍所致，表现为脂肪抽吸区积液。经过抽吸积液，局部加压包扎，经 20～40 天，淋巴循环再建后可痊愈。

七、相关案例

女性，20 岁，自幼肥胖，行大腿脂肪抽吸术（图 5-84）。



A　B　C

D　E　F

图 5-84　大腿脂肪抽吸术
A、B、C. 术前　D、E、F. 术后

第九节 小腿脂肪抽吸术

一、相关解剖

小腿肌肉运动膝、踝和足部各关节，参与站立和步行。小腿肌肉的分化程度不如前臂肌肉，小腿肌肉数目较少，也没有使胫骨回旋的肌肉，但肌块一般比较粗大强厚。

小腿肌肉大都起自胫、腓骨，少数起自股骨，向下止于足骨。可分三群，前群在骨间膜的前面，后群在骨间膜的后面，外侧群在腓骨的外侧面。

小腿后肌群分浅、深两层，共7块肌肉，均受胫神经支配。浅层有腓肠肌、比目鱼肌和跖肌（图5-85），深层有腘肌、屈趾长肌、胫骨后肌和屈踇长肌。



图5-85 小腿后浅层肌肉

小腿后区的动脉主要有胫后动脉、腓动脉。

胫后动脉是腘动脉的直接延续，它的起始段位于比目鱼肌腱弓与胫腓两骨及骨间膜所围成的腱裂孔中，向下行走于小腿后肌群浅、深两层之间，至内踝与跟骨结节之间。胫后动脉在小腿后区发出肌支，供应小腿后肌群和小腿外侧肌群。主要分支为腓动脉。

腓动脉是胫后动脉最粗大的分支，在腘肌下缘2～3cm处发出，经屈踇长肌与腓骨之间下行，至外踝附近分支而终。腓动脉沿途发出肌支营养邻近肌，并发出腓骨滋养支和穿支，后者于外踝上方穿小腿骨间膜至小腿前面（图5-86）。

胫静脉是胫动脉的伴行静脉，自小腿的深静脉集合而成，经腘窝上升，入腱裂孔移行于股静脉。此静脉在腘窝下部胫动脉的后内侧，上部则达其后外侧。胫静脉在行程中除收集小隐静脉及膝关节的静脉外，还与大腿下端后面的静脉吻合。

小腿后区的表浅静脉有皮下静脉、小隐静脉。

皮下静脉不与动脉伴行，在皮下单独走行。这种静脉处处与深静脉吻合，从足背静脉网开始，沿小腿及大腿上行，逐渐汇合成小隐静脉和大隐静脉。

小隐静脉起始于足背静脉网的外侧，经外踝后方上行到达小腿后面，于腓肠肌两头之间至腘



图 5-86　小腿后浅层动脉

窝，并接受由股部下降的股静脉，穿腘窝筋膜入深部注入股静脉。小隐静脉行程中，沿途收集小腿后面及足跟浅静脉网，并与大隐静脉之间的属支吻合。

胫神经为坐骨神经较粗大的终末支，在腘窝下部发出腓肠内侧皮神经，支配腘肌、腓肠肌、跖肌及比目鱼肌的肌支，并从比目鱼肌腱弓深面降入小腿后部深、浅层肌肉之间，与胫后血管伴行，沿途发出肌支支配比目鱼肌及深层肌肉，经过屈肌支持带深面时，分为足底内侧和外侧神经，支配足底肌群及皮肤(图 5-87)。



图 5-87　小腿浅层神经

二、适应证

小腿的脂肪堆积主要蓄积在小腿的后侧及外侧方，在胫腓骨前侧、内侧较少见有大量脂肪堆积。检查时用双手的拇指、食指对捏小腿的最粗端——腓肠肌部位的皮下软组织，观察皮褶的厚度，若厚度大于 2cm 时，手术后将会有明显改变。

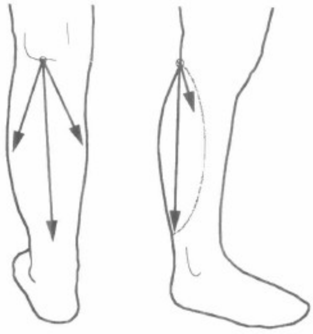
三、禁忌证

小腿较粗时，可影响形体的整体美观。有时是因为肌肉过于发达，而并非皮下脂肪堆积所致。检查时皮褶的厚度小于 1cm 时，不适合进行小腿脂肪抽吸术。另外，小腿有严重的静脉曲张及溃疡

也属手术禁忌。

四、手术设计

小腿脂肪抽吸术的手术切口设计在腘窝横纹中点，向下、向内、向外可抽吸小腿后侧及内外侧的脂肪。腘横纹中点的切口痕迹可随时间增长而愈合在皱纹中(图 5-88)。也可将切口设计在踝关节后方连线的中点，向上、向内、向外抽吸小腿后侧及内外侧的脂肪。但是，通过踝关节切口很难将小腿上端的脂肪抽吸平整，故这里不作详细介绍。



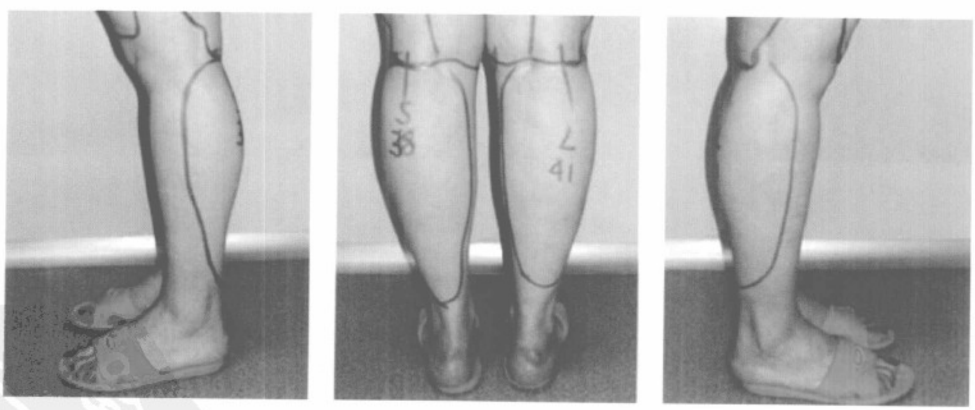
A　　B

图 5-88　小腿脂肪抽吸术的切口

五、手术操作

(一) 亚甲蓝标记脂肪抽吸范围

小腿上方腘窝皱褶横纹中点处，下方至内外踝连线的上方，内外侧向前超过腋中线。确认无误后固定标记线(图 5-89)。



A　　B　　C

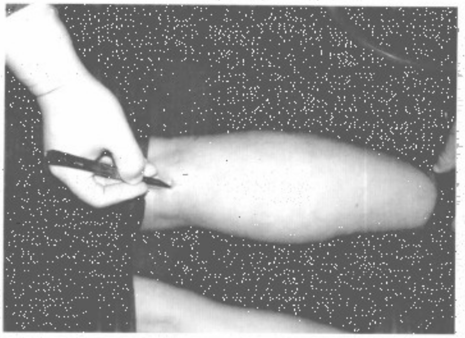
图 5-89　小腿脂肪抽吸术标记

（二）麻醉及手术器械

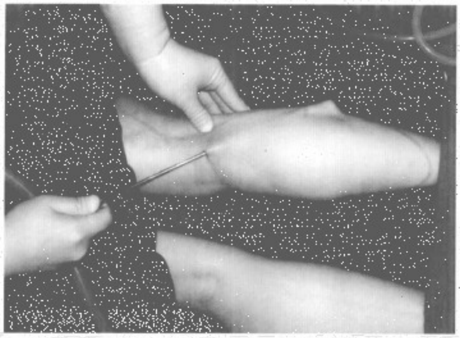
在全身麻醉、连续硬脊膜外麻醉或腰段蛛网膜腔内麻醉下，取 1:600000 肾上腺素生理盐水混合液，在皮下均匀注入 1000～1500ml，使小腿部皮下脂肪充分均匀肿胀。手术器械采用抽速 30L/min 以上的脂肪吸引器，用 4×300mm 钝头单侧孔脂肪抽吸管抽吸。

（三）手术方法

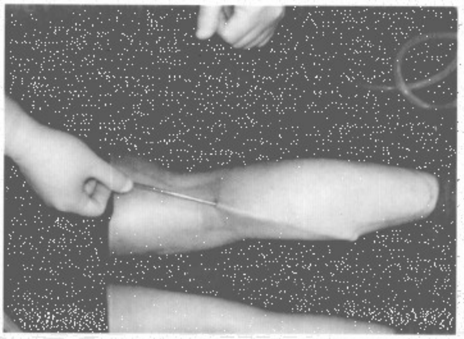
受术者取俯卧位，在小腿上方腘窝皱褶横纹中点处作长约 10mm 的切口，在切口下方的皮下潜行分离。将抽脂管经切口插入小腿皮下，进行等平面、扇形隧道抽吸。小腿脂肪抽吸的层次位于小腿深筋膜的浅层。右手持抽脂管作均匀的往返抽动；左手轻压在抽脂管上，感觉抽脂管在皮下的深度和运动轨迹。保持抽脂管距皮肤表面 0.3～0.5cm 时向下抽吸脂肪，可获得较理想的手术效果（图 5-90）。



A



B



C

图 5-90　小腿脂肪抽吸术

A. 切口　B、C. 脂肪抽吸

术毕，反复检查双侧对称性，保持均匀一致。无须放置引流管，切口不必缝合，用弹性绷带加压包扎（图 5-91）。

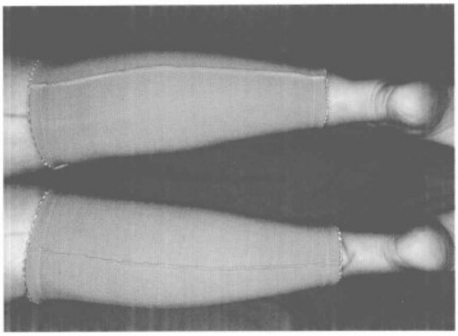


图 5-91 小腿脂肪抽吸术包扎

（四）术后处理

术后持续加压包扎 30 天，口服抗生素 3 天。1 个月后可行局部按摩，3 个月后最佳手术效果出现。

（五）术中注意事项

1 在注入肿胀液时，力求平整均匀，避免发生因肿胀液注入不均匀所致的抽吸后不平整。

2 小腿部的皮下脂肪较薄而均匀，抽脂时应注意抽脂管插入的深度，用力插入或插入过深时，极易误伤小腿肌肉，严重时可并发小腿骨筋膜综合征；而插入过浅时，极易造成抽吸后的不平整。

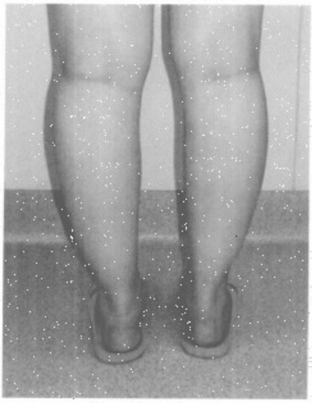
六、相关并发症及其处理

小腿部的脂肪组织附着于发达的肌肉之外，过薄的脂肪抽吸极易造成不平整，故应适当保留一点厚度的脂肪层，不宜过度抽吸脂肪。

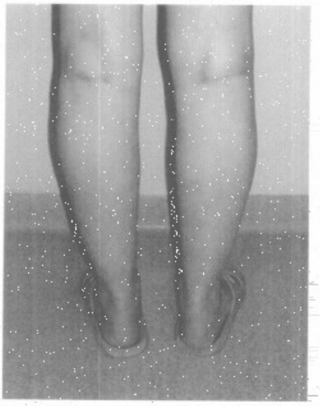
出现凹陷时，需在一年以后，待皮下的瘢痕组织完全软化后，将少量脂肪注入充填凹陷部位即可。

七、相关案例

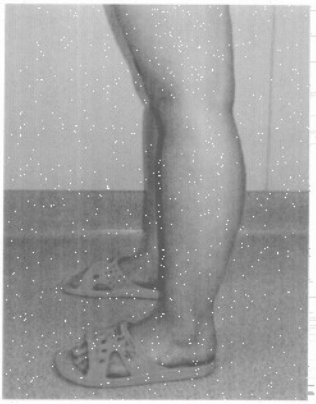
女性，19 岁，自觉肥胖 3 年，行小腿脂肪抽吸术(图 5-92)。



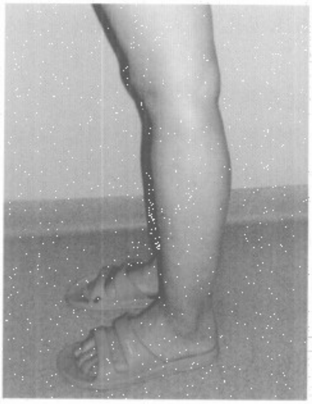
A



B



C



D



E



F

图 5-92 小腿部脂肪抽吸术

A. 术前后面 B. 术后后面 C. 术前侧面 D. 术后侧面 E. 术前前面 F. 术后前面

（王志军）

参考文献

［1］王炜.整形外科学［M］.杭州：浙江科学技术出版社，1999：1174-1203.

［2］姜宗来.人体局部解剖学［M］.上海：第二军医大学出版社，2001：47-52.

［3］周哲男.TOTAL BEAUTY 素敵にステップアップ［M］.东京：現代書林，1991：74-82.

［4］周哲男.体系輪郭形成におけるバストの美容外科［J］.日本美容外科学会誌，1999，36：60-68.

［5］武村刚，周哲男.下腿部の脂肪吸引について［J］.日本美容外科学会誌，1999，36：81-83.

［6］Tetsuo S H U.The basic techniques of liposuction surgery and its complications［J］. Journal of the Japan Society of Aesthetic Surgery，2004，41（3）：89.

［7］Tetsuo S H U.The basic and clinical studies of liposuction surgery［J］. Journal of the Japan Society of Aesthetic Surgery，2005，42（4）：122-125.

PDG

第六章 脂肪抽吸术的并发症及其防治

经过吸脂设备及技术的不断改进和完善，以及对相关理论的深入研究，当代脂肪抽吸术已经发展成为一种安全性高、效果好、并发症低的非常普遍的美容手术方法。然而，脂肪抽吸术术中及术后仍然会出现一些不同性质和不同程度的并发症，甚至会威胁患者的生命。并发症的总体发生率比较低，目前缺乏大样本、多中心的基于循证医学的国际权威性精确统计数字。

引起脂肪抽吸术后并发症的原因包括麻醉方法和吸脂手术本身两方面。肿胀麻醉技术的应用会导致利多卡因中毒反应和脂肪过度抽吸等方面的并发症。吸脂操作导致的并发症分为术中并发症和术后并发症，其中术后并发症又分为医疗方面的并发症和美容方面的并发症。有些并发症是可以避免的。以下根据发生部位，将并发症分为局部和全身两类，对比较常见的并发症的原因、诊断和预防治疗进展进行介绍，对于罕见的、不具有代表性的并发症不作赘述。

第一节 局部并发症

一、出血与血肿

出血是脂肪抽吸术实施过程中术者最关心的问题之一。术中出血过多不仅直接影响术者的操作，导致脂肪抽吸不彻底和不均匀，而且会引起失血性休克，甚至危及患者的生命。术后出血会导致局部皮下血肿或皮肤淤血。

早期的干性吸脂技术出血较多，出血量约占吸出物总量的20%～45%；肿胀麻醉技术的应用使脂肪抽吸术的出血量大大减少，可以控制在1%左右（图6-1），所以脂肪抽吸术应采用肿胀麻醉技术。

若术中不慎损伤重要血管，可导致异常出血。Choi等（2009年）报道1例腹部脂肪抽吸术患者术后第二天出现晕厥和低血压，计算机断层图像成像技术显示旋髂深动脉破裂导致腹壁血肿形成。所以在抽吸有知名血管存在的区域时应掌握皮肤层次，慎重进行或避开该区域进行脂肪抽吸。

出血的预防措施包括术前排除凝血机制障碍，停用有活血作用和影响凝血功能的药物，女性应避开月经期等。术中应随时注意吸出物的颜色，若发现血性液体，应立即改变抽吸方向；出血量较大时应停止抽吸，加压包扎，以减少出血。术后发现较大血肿应及时清除；皮肤淤血不用特殊处理，1～2周后会自然消退。

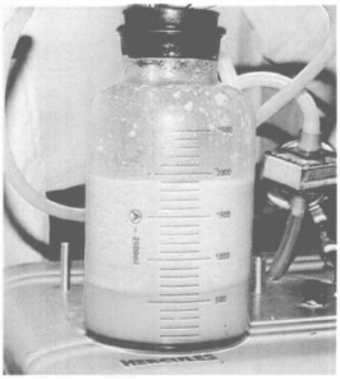


图 6-1 肿胀麻醉下的脂肪抽吸术出血极少

二、血清肿

吸脂术后局部皮下血清肿往往在拆线时被发现，表现为局部膨隆，有液波感。形成血清肿的原因常常被认为是术中局部反复抽吸过度造成皮下局部形成死腔，其腔隙内积聚了血清样液体；也有的血清肿是局部血肿未及时发现和处理发展而成；术后包扎不良造成局部压力过低、肢体活动过度等因素也是血清肿形成的潜在因素。

吸脂术后血清肿的发生率为 2%～3%，多发生于下腹部及大腿前外侧等部位，同时进行腹壁整形术会增加血清肿的发生概率。更换包扎敷料或拆线时，应常规检查好发部位有无血清肿形成，一旦发现及时给予有效处理，以免转变为慢性血清肿。最常用的处理方法是采用注射器在血清肿局部进行低位穿刺，彻底抽出腔内积聚的血清样液体，然后局部加压包扎并合理制动。对于多层次和多腔隙的复杂血清肿，可以在超声引导下进行处理，根据液体量的多少间隔 1～2 天重复操作，通常需要多次抽吸直至深浅两层愈合、腔隙消失。

预防措施包括术中避免同一区域过度抽吸，手术结束前尽可能挤出腔隙内残余的肿胀液及渗出液，并常规进行引流术，术后适当加压包扎，更换弹力衣后检查是否过于松弛（尤其是在血清肿的好发部位），嘱咐患者不要过量活动。

三、皮肤感觉异常

脂肪抽吸术后往往会出现皮肤感觉异常，包括早期麻木、感觉迟钝、感觉过敏及疼痛等。其原因是吸脂过程中吸脂管头部对皮肤内神经的细小穿支及末梢的钝性损伤，也存在抽吸层次过深导致不同程度的皮神经损伤的情况，文献中有损伤股外侧皮神经导致术后皮肤感觉异常的报告。由于吸脂操作多为钝性损伤，很少造成较大神经皮支的横断伤，所以随着感觉神经的再生，皮肤感觉基本都能恢复到正常水平。Trott 等的临床观察发现，脂肪抽吸术后皮肤感觉恢复的过程需要 6～10 周。吸脂术后早期出现的皮肤感觉异常一般不需特殊处理，待其自然恢复即可。对于术后出现局部疼痛，可以酌情给予口服止痛药物，减轻患者的不适感觉。

四、皮肤坏死

脂肪抽吸术后可能出现皮肤坏死，多为局部浅表皮肤坏死（图 6-2），也可能出现全层皮肤坏死。其发生率与吸脂操作是否细致有直接关系，抽吸过浅、抽吸过度或过于粗暴可造成真皮下血管

网损伤致局部缺血性坏死，内超声吸脂技术操作不当可以造成皮肤热损伤而导致局部皮肤坏死，脂肪抽吸术与腹壁整形术同时进行也容易发生皮瓣远端的皮肤坏死(图 6-3)。

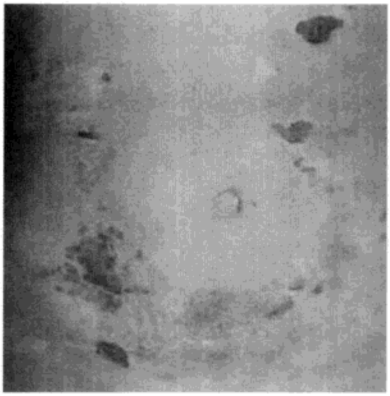


图 6-2　腹部脂肪抽吸术后发生的局部浅表皮肤坏死

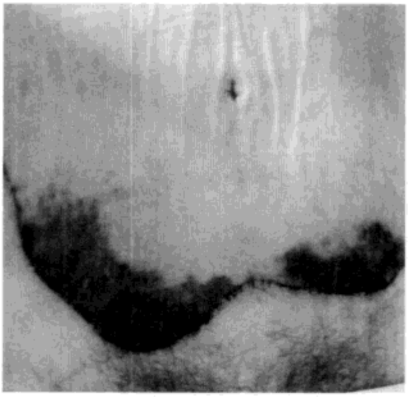


图 6-3　腹部脂肪抽吸术与腹壁整形术同时进行，术后发生皮瓣远端的皮肤坏死

吸脂术后皮肤坏死是可以避免的，预防措施是避免过度抽吸、过浅抽吸和操作粗暴，以保护真皮下血管网不被损伤。浅表皮肤坏死可以经换药愈合；全层皮肤坏死需要积极的外科处理，采用清创缝合、皮片或皮瓣移植修复。

五、感染

脂肪抽吸术后感染是与其他无菌外科手术共同存在的问题，其预防、诊断及治疗原则应符合外科基本原则。但国内外多家单位报告脂肪抽吸术后感染发生率较低，原因尚未明了。Parr 等实验研究显示，1%～4%浓度的利多卡因有抑制细菌生长的作用，而肾上腺素无抑菌作用；但是 Craig 等的研究发现，吸脂肿胀液中低浓度的利多卡因等药物并无抑制细菌生长的作用。

虽然脂肪抽吸术只有微小的切口，但是手术范围往往很大，有的手术时间也比较长，在肿胀液注射和抽吸操作过程中也存在细菌污染的机会，所以脂肪抽吸术后感染问题不容轻视。

脂肪抽吸术后可能发生的一种少见感染是坏死性筋膜炎，它是一种以广泛而迅速的皮下组织和筋膜坏死为特征的特殊感染类型，文献中有发生于腹部、大腿和小腿吸脂术后的病例报道，如果不能及时诊断或延误治疗，会导致大范围皮肤坏死和中毒性休克，甚至出现多器官功能障碍和死亡。

坏死性筋膜炎的临床表现包括局部症状和全身中毒症状，其重要特征是局部症状尚轻时即表现出严重的全身中毒症状。早期局部症状为皮肤红肿和疼痛，之后可出现麻木、血性水疱和奇臭血性渗液，有时产生皮下气体，病情恶化会发生皮肤坏死。疾病早期，患者即有畏寒、高热、厌食、脱水、意识障碍、低血压、贫血、黄疸等严重的全身中毒症状。若未及时救治，可出现弥散性血管内凝血和中毒性休克等。细菌学检查对诊断具有重要意义，培养取材最好采自进展性病变的边缘和水疱液，做涂片检查，并分别行需氧菌和厌氧菌培养。多为化脓性链球菌为主的混合型感染，有创面培养出豚鼠气单胞菌等的报道。治疗的关键是早期诊断，早期切开引流，清除坏死筋膜组织，给予强有力的抗生素和营养支持疗法等。

六、抽吸不足与过度抽吸

抽吸不足与过度抽吸均为手术操作者的技术不熟练或缺乏经验造成的，会直接导致患者对手术效果的不满意，容易产生医患矛盾。经过正规培训的专业医师，只要严格遵循吸脂操作指南，这两种并发症是完全可以避免的。

抽吸不足也可能发生在由于病例选择不严格，术中出现不得不终止手术的意外情况，如患者存在凝血机制问题，或术中意外血管损伤，出血过多而未完成手术计划等。可以在术后6个月以后，各方面条件允许的情况下进行二次脂肪抽吸术修复，但是往往增加了手术难度，术后效果和患者满意度会受到一定影响。

过度抽吸往往发生在术者过分追求吸脂效果或刻意满足患者不合理预期要求的情况下，一旦发生，容易发生整体外形的不美观和凹凸不平，甚至导致大范围的皮肤坏死，而且修复难度比较大。局部抽吸过度可以通过脂肪移植术进行纠正，大范围过度抽吸造成的畸形很难纠正到患者满意的效果。

七、不对称及凹凸不平

脂肪抽吸术属于手工操作，存在多种不确定因素，从严格的意义上来说，达到绝对的对称和平整几乎不可能的。相对于整体良好的手术效果而言，轻度的不对称和不平整几乎难以避免，也是医患可以接受的。

躯体或肢体的两侧术后明显的不对称容易出现在术中两侧抽吸量差异较大，或患者本身存在两侧差异而术者未考虑到，给予等量的脂肪抽吸等情况。两侧手术的实施非同一术者操作，也是产生两侧不对称的可能原因。

预防措施包括术前对两侧骨骼、肌肉及皮下脂肪的堆积是否对称尽可能作精确的评估，并制定正确的手术方案；术中将两侧的抽吸物分别置于相同大小和形状的带有刻度的两套容器内，以便于两侧纯脂肪吸出量的对比，并考虑到静置导致的容积差异。对术后两侧的明显不对称，可以通过二次手术进行矫正。

脂肪抽吸术后出现程度不同的凹凸不平很多见，容易发生在年龄较大、伴有皮肤松弛、吸脂量多的患者，多发生于上腹部或四肢等皮下组织相对致密的部位，表现为术区外形不规则。有些术后早期的轻度凹凸不平为暂时性的，随着局部水肿的吸收、弹力衣加压塑形和机体本身的恢复，数月后会有一定程度的改善。明显的凹凸不平往往难以自行恢复，成为永久性缺陷。

常见的技术性原因包括肿胀液注射不均匀和抽吸分布不均匀(图6-4)，抽吸平面层次深浅度不一致(图6-5)，抽吸负压过大或吸脂管直径过大、抽吸层次过浅或过度抽吸。由于上腹部在卧位和站位时皮肤移动度相对较大，有些患者术后在平卧时外观比较平整，而站立时表现为不平整，尤其是年龄较大或存在皮肤松弛的患者，可能因重力作用引起浅层皮肤软组织下移，而局部浅层组织与深部移动度较而小的组织粘连，从而表现为凹陷的结果。

八、皮肤松弛

脂肪抽吸术后皮肤松弛容易发生在腹部、上臂和大腿内侧等部位，尤其是年龄较大、皮肤弹性差、严重肥胖的患者。有些患者术前就已经存在皮肤松弛下垂，而且错误地认为脂肪抽吸术后会同时消除皮肤下垂的问题，所以术前医生应当对患者的皮肤状况作必要的评估，并告知患者术后有加重松弛的可能性。对于术前已有严重皮肤松弛的患者，可以建议其在脂肪抽吸术的同时行腹壁

PDG



图 6-4 腹部脂肪抽吸术后因抽吸不均匀造成的凹凸不平



图 6-5 小腿后侧吸脂术后因抽吸平面不一导致的外形不规则和双侧不对称

整形术，切除多余的皮肤。

九、腹壁脏器意外损伤

由于术者操作不熟练、解剖层次不明确、用力粗暴等因素，可能会出现吸脂管误入周围组织和器官而造成意外损伤的情况。腹部脂肪抽吸术中吸脂管穿透腹壁误入腹腔造成小肠损伤的病例已有多篇文献报道，致死率大于 50%。上述病例多发于腹壁存在手术瘢痕和腹壁疝的患者，质地较硬的瘢痕可以使吸脂管前进的方向发生改变。如果术中出现术者突然感知不到吸脂管的存在、患者突然发生腹痛等情况，应警惕腹壁及腹腔脏器损伤的可能性。如果不能排除腹壁及腹部脏器损伤的可能，应留院观察并进行进一步影像学检查。

腹部脏器损伤多发生在小肠，而且多为多处损伤，如果不能及时发现，会导致腹膜炎的发生，甚至出现坏死性筋膜炎和中毒性休克。也有损伤导致大出血，形成腹膜后血肿的报道。

预防措施包括抽吸前对腹部的隆起和凸出要进行鉴别诊断，在腹壁薄弱区域如腹股沟区、脐区、腹白线区排除疝气存在的可能性；既往有腹部手术史者，特别是伴有肠粘连者，应给予高度关注；术中抽吸动作要轻柔，不能粗暴，"感觉"手应随时感知抽吸针的位置和层次。

十、局部皮肤颜色改变

部分患者手术后抽吸区域会出现皮肤颜色改变，其原因不一，临床表现亦不同。小腿吸脂术后往往出现长时间的颜色深暗，多数可以完全恢复正常，时间长短不一，个别病例持续时间长达一年以上。吸脂切口部位常常在愈合以后出现色素沉着，其原因和伤口愈合情况及个体因素有关，多数可自行消退。如果发生皮肤坏死，愈合后往往会出现继发性色素缺失或色素沉着。

第二节　全身并发症

一、脂肪栓塞和脂肪栓塞综合征

皮下脂肪抽吸过程中，会有少量的脂肪小滴进入血液循环系统，有导致脂肪栓塞及脂肪栓塞综合征（fat embolism syndrome，FES）的报告。虽然FES发生率较低，但它是威胁生命的严重并发症。文献资料统计，吸脂术后FES的总致死率为10%～15%，应引起术者高度重视。

E. L. Ali 等（2006年）在大鼠吸脂动物模型的实验研究发现，手术30分钟后血液中即可检测到脂肪小滴的存在，脂滴的数量随手术时间的延长呈增多趋势，在大鼠的肺组织内也发现脂滴出现，提示脂肪抽吸术有导致脂肪栓塞的风险。Franco 等（2011年）的动物实验表明，如果吸脂后同时进行自体脂肪移植手术，脂肪栓塞的风险会增加。

预防措施包括严格选择病例，采用钝性吸脂管，控制脂肪抽吸的范围、总量及手术时间，术中和术后全面监测等，及时发现，及时给予正规治疗。

二、静脉血栓形成和肺栓塞

无论接受何种手术，患者身体长时间的制动固定都会增加深静脉血栓形成（deep venous thrombosis，DVT）及肺栓塞（pulmonary embolism，PE）的风险，特别是血液黏度高、血流缓慢、有凝血倾向的患者，其危险性更大。脂肪抽吸术的深静脉血栓形成发生率在0.03%以下；肺栓塞的发生率在0.01%以下，联合实施腹壁整形术时则升至0.02%。肺栓塞是脂肪抽吸术导致死亡的重要原因。

深静脉血栓形成好发于下肢，主要表现为患肢肿胀、疼痛，超声多普勒检查和血管造影可以明确诊断。静脉血栓容易脱落而导致肺栓塞，常见症状为呼吸困难和胸痛，亦可有咯血、精神症状、心动过速、心动过缓、发热等表现。辅助检查包括胸片、通气灌注扫描、肺血管造影等。

在局部肿胀麻醉下进行脂肪抽吸术后可以立即下床活动，所以发生静脉血栓的风险远低于在全身麻醉下手术。因此，对全麻患者进行术前评估时应考虑血栓形成的易感因素；对于高危患者，应在手术当天和术后前几天给予低剂量的肝素进行预防。吸脂手术时间越长，脂肪抽吸的总量越大，同时进行的手术越多，血栓形成的风险就越高。术后一旦发现有下肢静脉栓塞和肺栓塞的迹象，应立即行一步的影像学检查以明确诊断，及时进行有效的溶栓等治疗。

三、体液失衡和肺水肿

无论采用局部麻醉还是全身麻醉，现代脂肪抽吸术离不开肿胀技术。肿胀液的应用使术中术后的液体管理变得相当复杂，尤其是大容量吸脂患者。术前皮下注射大量含有肾上腺素的肿胀液，不仅有效降低了手术中的出血量，而且部分液体会被吸收进入血液循环，所以在局部肿胀麻醉下发生循环血量不足的情况非常少见；相反，短时间内大量的皮下肿胀液快速吸收，加之不当的静脉输液过多，会导致血容量增加，出现肺水肿的风险。Commons 等对631例大容量脂肪抽吸术的术后并发症进行回顾分析，发现4例出现肺水肿。

预防措施包括脂肪抽吸范围不宜过大，肿胀液的总量不宜过多；术中进行持续的生命体征检测和尿量检测，术中静脉补液不宜盲目，应该根据临床表现和体征进行调整。一旦发现体液失衡，

应根据病因进行及时有效的治疗。

四、利多卡因毒性反应

局部肿胀麻醉下大容量脂肪抽吸术中，大量肿胀液注入皮下组织，其中利多卡因的用量远远超过经典外科局部麻醉的致死量 7mg/kg，因此脂肪抽吸术中、术后的利多卡因毒性反应与手术安全性问题一直是整形美容医师关注的焦点问题。

利多卡因的毒性作用包括中枢神经系统毒性反应和心血管系统毒性反应，其发生与血浆浓度密切相关。当血浆浓度低于 3mg/L 时，一般无毒性反应；随着血浆浓度的升高，会出现头痛、口舌麻木、耳鸣、嗜睡、谵语等神经系统症状和心律失常、低血压等循环系统症状；当血浆浓度大于 10mg/L 时，会出现惊厥、昏迷等严重的中毒反应，最终导致呼吸、循环衰竭而死亡。

关于脂肪抽吸术中利多卡因的用量问题，一般认为安全用量为不高于 35 mg/kg，但根据病情需要最大用量可以高达 55 mg/kg。虽然文献中也有利多卡因总量高于此上限的报道，但是尚缺乏足够的临床和实验研究资料证明其安全性。肿胀液中肾上腺素的血管收缩作用被认为在注射后 15 分钟才能充分起效，所以利多卡因在前 15 分钟存在一个快速吸收期。Nordstrom 等（2005 年）的临床实验研究表明，肿胀麻醉下脂肪抽吸术后利多卡因吸收的血浆浓度高峰时间是在术后 5～17 小时。当手术部位多、脂肪抽吸量大，有利多卡因中毒风险时，术后 24 小时应常规留院观察，并严密观察有无中毒症状和体征出现。

减少利多卡因的总量是预防其毒性反应的关键。另外，术前应禁止使用细胞色素 P450 抑制剂等降低利多卡因中毒反应剂量的药物。

第三节　脂肪抽吸术安全指南

一、适应证的选择

脂肪抽吸术的最佳适应证是单纯性局部脂肪堆积，最常见的部位是腰腹部（多见于女性），脂肪抽吸术后均能获得医患满意的体形改善效果。大多数腹部肥胖的男性脂肪往往沉积于腹腔内的大网膜和肠系膜周围，虽然腹部皮下层也有一定数量的脂肪沉积，但是单纯抽吸皮下脂肪并不能大幅度改善腹部膨隆的程度，因此男性在行腹部脂肪抽吸之前，应正确评价皮下脂肪所占的比重。医师应与患者进行良好的沟通，预计脂肪抽吸术后可达到的效果，避免患者术后对吸脂效果不满意。

女性单纯性大腿异常粗大也较常见，其母亲和姐妹往往存在类似的情况。如果脂肪沉积在双侧大腿外侧异常突出，行双侧大腿环形抽脂术能获得满意的效果；单纯对大腿外侧局部进行抽吸，也能获得较好的近期效果。但是如果患者术后全身脂肪增多，大腿随之肥胖，会出现未进行脂肪抽吸的大腿下端增粗明显，抽吸部位相对凹陷，产生不协调的现象。另外，有些女性大腿较粗是由于肌肉发达所致，如青少年时期长期参加舞蹈、体操和其他体育运动的人群，此时单纯进行大腿皮下脂肪抽吸术往往难以达到满意的效果，故术前应进行正确的评估。

随着脂肪抽吸技术的不断改进，全身性肥胖的女性也是脂肪抽吸术的适应证，可以通过腹部、大腿、背部、上肢、小腿、面部的多部位分次抽吸，结合控制饮食和长期锻炼减肥获得满意效果。

二、禁忌证的掌握

术前除了严格的体格检查和实验室检查之外，过去疾病史和药物应用史不可忽略，尤其是长期服用减肥药的女性。作者曾遇到一位年轻女性，术前隐瞒长期口服减肥药物的情况，并于术前口服了减肥药物，结果导致术中广泛渗血，使吸脂操作无法从容进行。后来通过加大肿胀麻醉的数量、加快抽吸速度、抽吸部位由助手压迫止血、术中加大静脉补液量、术后加压制动等处理措施，侥幸未发生意外，值得引以为戒。

对于皮下脂肪数量较少、非脂肪抽吸术的适应证，而患者坚决要求对某个部位进行抽吸时，医师应学会拒绝。此类患者多存在对自身体形的意识偏差性心理问题，具有不符合客观规律的、不科学的、脱离实际的期望值，如果盲目迁就进行手术，术后难以达到患者的要求，会出现不必要的医患纠纷。

三、麻醉方式的选择

原则上，可供脂肪抽吸术选择的麻醉方式有多种，包括单纯的局部肿胀麻醉、结合镇静镇痛药物的局部肿胀麻醉、腰麻或硬膜外麻醉、全身静脉麻醉和气管内插管麻醉等。手术医师可以根据患者的要求、手术部位的要求和个人习惯等因素进行选择。

作者对多数病例习惯于选择前两种以局部肿胀麻醉为主的麻醉方式，理由如下：①面部、小腿、上肢等小范围吸脂适合选择局部肿胀麻醉；②药物镇静结合局部肿胀麻醉可以满足大多数接受单纯腰腹部或单纯双侧大腿吸脂术的患者的需要，与全身麻醉、椎管麻醉相比，患者可以变换体位以配合手术医师的操作，手术结束时包扎方便，术后患者可以自行走回病房；③肿胀麻醉虽然存在利多卡因药物中毒的风险，但是通过控制药物的总量完全可以避免危险发生；④肿胀麻醉术后可以早期活动，减少了发生静脉栓塞的风险。

四、脂肪抽吸的部位、范围以及吸脂容量的选择

脂肪抽吸术的安全性与抽吸的部位、范围和吸脂容量有密切关系。对于全身性肥胖、需要多部位吸脂的患者来说，如果在一次手术中抽吸的部位越多、范围越大、吸出脂肪的总量越大，手术的风险性就越高。由于多部位、大范围、大容量吸脂的患者接受手术的时间更长，手术创伤的范围更大，肿胀液及药物的用量更大，出血及体液渗出更多，因此出现体液失衡、药物中毒、脂肪栓塞等并发症的概率也会明显增加。手术医师术前应该对此类患者的全身情况进行正确评估，对需要抽吸的部位做到心中有数，合理安排手术方案，不能一味迁就患者的不合理要求而违反手术原则。

对于全身肥胖的患者，安全的选择是分部位多次抽吸，第一次手术可选择脂肪最容易沉积的腰腹部，第二次手术可选择双侧大腿，之后是上肢、后背、小腿、面部等部位。

五、脂肪抽吸术后的处理

脂肪抽吸术后患者是否需要留院观察，应根据手术部位、麻醉方式、肿胀液用量、吸脂容量、术中出血量、生命体征是否稳定等因素决定。对于小范围的、局部肿胀麻醉下的脂肪抽吸术，术后没有留院观察的必要；但是对于范围比较大、吸脂数量比较多的患者需要留院观察，避免患者术后离院后出现比较严重的并发症而不能及时处理，导致医疗事故的发生。术后观察的重点是是否存在利多卡因等药物中毒的表现、麻醉复苏过程中有无并发症发生、有无脂肪栓塞与体液失衡等严重并发症。我院对整个腰腹部和双侧大腿吸脂，以及多部位吸脂后的患者给予常规留院观察过夜，术

后第二天情况稳定后才准予出院，以免发生意外。

附1：中华医学会颁布的《脂肪抽吸术和腹壁整形术操作规范》

（一）负压脂肪抽吸术

1. 适应证

（1）最佳适应证：单纯局部脂肪沉积、男子女性型乳房、皮瓣修薄。

（2）相对适应证：重度肥胖、脂肪瘤、淋巴管瘤以及其他外科手术如面颈部除皱术、腹壁整形术、大腿整形术的辅助手段。

2. 禁忌证

（1）心、肺、肝、肾等主要脏器功能减退，不能耐受手术者。

（2）有心理障碍、期望值过高以及对自身形体要求过于苛刻者。

（3）皮肤严重松弛而皮下脂肪组织过少者。

（4）有利多卡因过敏史、麻醉药物代谢障碍者。

（5）局部皮肤有感染病灶及较多瘢痕者、重度吸烟者、伤口愈合能力较差者。

（6）下肢静脉曲张、静脉炎者，禁忌行下肢脂肪抽吸术。

（7）骶尾三角区。

（8）妊娠妇女或哺乳期妇女。

（9）病态肥胖者、神经性贪食症。

（10）青春期前的患者一般不宜行脂肪抽吸术，除外男子女性型乳房、重度肥胖等影响心理发育的疾患。

3. 操作方法及程序

（1）常规消毒，铺无菌单。

（2）手术区域均匀注射肿胀液。

（3）经皮肤切口或穿刺孔将抽脂管插入深层皮下脂肪组织，采用活塞样往复运动，由深至浅逐层、逐区均匀抽吸。抽吸时不但要注意观察抽吸混合液，而且应随时判断皮下剩余脂肪组织的状况，例如脂肪组织的厚度、对称性、皮肤表面是否平整等，若有缺陷应随时矫正。

（4）抽吸结束后环状挤压抽吸区域，排除皮下积液，缝合皮肤切口。皮肤穿刺孔无须处理，覆盖无菌敷料，加压包扎并穿弹力服6个月。

4. 注意事项

（1）高负压吸引对组织的吸附力较大，操作时动作要轻柔、准确，抽脂管的侧孔应背离皮肤，以防止误吸浅层脂肪组织。抽吸的层次要准确，避免误吸浅层脂肪组织及损伤深层组织。

（2）浅层脂肪组织具有遮盖作用，并且使皮肤有较好的手感，应保留一定的厚度。

（3）一般应保留0.5～1cm浅层脂肪组织，骑士臀畸形应保留2cm左右的浅层脂肪组织。

（4）抽吸隧道分布应规则，呈扇形，直径应小于1cm；禁忌同一隧道反复抽吸。

（5）改变抽吸方向时，抽脂管应回撤到近皮肤切口处，严禁抽脂管侧向或横向移动。

（6）尽可能采用小直径抽脂管，同一部位由深至浅抽吸时抽脂管直径应逐渐减小。

（7）保留适当的脂肪组织，以塑造美好的体形，而不应单纯追求抽吸的量。

（8）过度抽吸的危害远远大于抽吸不足，其导致的畸形往往难以矫正，故抽吸量应偏于保守。

（9）注射器法抽吸针的穿刺点位置要适宜，一般在抽吸范围中部的两侧，以穿刺点为中心，抽吸针能够辐射到整个抽吸部位；两个穿刺点的间距不超过抽吸针的长度，以达到互补作用。根据情

况，采用浅层脂肪抽吸术、自体脂肪颗粒注射移植技术。

（10）肿胀液中利多卡因的剂量应不大于35mg/kg。若采用肿胀技术结合全身麻醉或局麻镇静技术，应适当减少利多卡因的用量。

（二）超声脂肪抽吸术

1. 适应证

（1）在纤维组织较多的部位如背部、上腹部、腰部、大腿、男性女性型乳房等有局部脂肪沉积的患者。

（2）二次抽吸部位。

2. 禁忌证 同"负压脂肪抽吸术"。

3. 操作方法及程序

（1）将肿胀液均匀注射到脂肪组织的浅、中、深各层。

（2）经皮肤切口将探头插入皮下组织，缓慢、持续、轻柔、往复移动探头，移动频率约为SAL的50%，逐渐乳化脂肪组织。应保证探头在正确的层次，远离致密组织如皮肤、筋膜、肌肉等，以避免发生热损伤。

（3）采用低负压小直径导管进行抽吸。首先将残留的乳化液抽吸干净，然后根据局部情况，采用常规负压吸引脂肪，进行最终的塑形。

（4）缝合皮肤切口，并穿戴弹力紧身服。

4. 注意事项

（1）超声波脂肪抽吸必须在液态环境中进行。肿胀液应注射到脂肪组织的各个层次，使全层脂肪均处于液态环境中。若注射不均匀，超声波在非液态环境中热效应增加。

（2）超声波探头应处于持续移动状态，不能停滞不动。过长的停滞（超过20秒）可在局部产生较高的热量，引起探头周围组织的损伤。

（3）探头深度应距离皮肤1cm以上，在躯体弯曲部位应避免探头末端接触真皮，导致皮肤的热损伤。探头回撤时，应距离皮肤切口1～2cm，以避免切口周围脂肪组织过度乳化以及切口皮肤烧伤，持续不愈。

（4）探头的操作应轻柔，避免弯曲折断探头。

（5）超声波的作用时间不宜过长，以免导致皮下形成较大的腔隙以及术后皮肤感觉异常或坏死。

（三）腹壁整形术

1. 适应证

（1）脂肪沉积局限于下腹部，伴有中度皮肤及肌肉松弛，宜行微小腹壁整形术。

（2）腹部脂肪沉积伴有重度皮肤及肌肉松弛，宜行改良的腹壁整形术。

（3）腹部脂肪沉积伴有严重的皮肤及肌肉松弛，宜行负压吸引辅助的腹壁整形术。

2. 禁忌证

（1）心、肺、肝、肾等主要脏器功能减退，不能耐受手术者。

（2）有心理障碍、期望值过高以及对自身形体要求过于苛刻者。

（3）局部皮肤有感染病灶及较多瘢痕者。

（4）重度吸烟者、伤口愈合能力较差者。

（5）近期行腹部脂肪抽吸术者。

3. 操作方法及程序

（1）选择切口（W形或倒T形），切开皮肤、皮下浅筋膜，在深筋膜浅面分离，直至剑突及两侧

肋弓,原位保留脐部。必要时紧缩缝合腹壁肌肉腱膜,切除多余的皮肤及皮下组织,重建脐孔,缝合皮下组织及皮肤,修正"猫耳"。

(2) 可同时抽吸上腹及邻近区域的脂肪组织。

(3) 置负压引流并加压包扎。

4. 注意事项

(1) 腹壁整形术联合脂肪抽吸可增加脂肪栓塞综合征的发生率,应谨慎选择。

(2) 上腹部行脂肪抽吸可能影响皮瓣的血液循环,应采用小直径抽脂管低负压抽吸。

(3) 术后早期活动。

附 2. 美国吸脂外科学会和美容外科学会颁布的《吸脂操作指南》简介

2002 年美国吸脂外科学会(American Society of Liposuction Surgery, ASLS)与美国美容外科学会(American Academy of Cosmetic Surgery, AACS)联合制定了《吸脂外科指南》,2006 年再次修订颁布为《2006 Guidelines for Liposuction Surgery》,其包括了培训与教育、术前评估、适应证、吸脂技术、大量吸脂、推荐吸脂量、手术设施、预期结果、治疗文书记录、医师资质、术后处理、副作用记录和免责声明等内容。阅读全文可登录 http://www.cosmeticsurgery.org/surgeons/guidelines.cfm。

(李望舟)

参考文献

[1] Habbema L. Safety of liposuction using exclusively tumescent local anesthesia in 3240 consecutive cases[J]. Dermatol Surg, 2009, 35(11): 1728-1735.

[2] Terranova C, Sartore D, Snenghi R. Death after liposuction: case report and review of the literature[J]. Med Sci Law, 2010, 50(3): 161-163.

[3] Haeck P C, Swanson J A, Gutowski K A, et al. Evidence-based patient safety advisory: liposuction[J]. Plast Reconstr Surg, 2009, 124(4): 28-44.

[4] Choi H, Shin T. Rupture of a deep circumflex iliac artery after abdominal liposuction: treatment with selective arterial transcatheter embolization[J]. Cardiovasc Intervent Radiol, 2009, 32(6): 1288-1290.

[5] Najera R M, Asheld W, Sayeed S M, et al. Comparison of seroma formation following abdominoplasty with or without liposuction[J]. Plast Reconstr Surg, 2011, 127(1): 417-422.

[6] Stebbins W G, Hanke C W, Petersen J. Ultrasound-guided drainage of a seroma following tumescent liposuction[J]. Dermatol Ther, 2011, 24(1): 121-124.

[7] Park S Y, Jeong W K, Kim M J, et al. Necrotizing fasciitis in both calves caused by Aeromonas caviae following aesthetic liposuction[J]. J Plast Reconstr Aesthet Surg, 2010, 63(9): 695-698.

[8] Gonzales A I, Marin C D, Palao D R, et al. Necrotizing fasciitis after liposuction[J]. Acta Chir Plast, 2007, 49(4): 99-102.

[9] Kim Y H, Cha S M, Naidu S, et al. Analysis of postoperative complications for superficial liposuction: a review of 2398 cases[J]. Plast Reconstr Surg, 2011, 127(2): 863-871.

[10] Sharma D, Dalencourt G, Bitterly T, et al. Small intestinal perforation and

necrotizing fasciitis after abdominal liposuction [J]. Aesthetic Plast Surg, 2006,30(6):712-716.

[11] Wang H D, Zheng J H, Deng C L, et al. Fat embolism syndromes following liposuction[J]. Aesthetic Plast Surg, 2008,32(5):731-736.

[12] El-Ali K M, Gourlay T. Assessment of the risk of systemic fat mobilization and fat embolism as a consequence of liposuction: ex vivo study[J]. Plast Reconstr Surg, 2006, 117(7):2269-2276.

[13] Franco F F, Tincani A J, Meirelles L R, et al. Occurrence of fat embolism after liposuction surgery, with or without lipografting: an experimental study[J]. Ann Plast Surg, 2011, 67(2):101-105.

[14] Uemura K, Kikuchi Y, Shintani-Ishida K, et al. A fatal case of post-operative pulmonary thromboembolism with cosmetic liposuction[J]. J Clin Forensic Med, 2006, 13(1):41-43.

[15] Coleman W P, Glogau R G, Klein J A, et al. Guidelines of care for liposuction [J]. J Am Acad Dermatol, 2001,45(3):438-447.

[16] Basile A R, Fernandes F, Basile V V, et al. Fluid resuscitation in liposuction: a prospective analysis of infiltrate-to-total aspirate ratios lower than used for the superwet technique[J]. Aesthetic Plast Surg, 2006,30(6):659-665.

[17] Commons G W, Halperin B, Chang C C. Large-volume liposuction: a review of 631 consecutive cases over 12 years[J]. Plast Reconstr Surg, 2001,108(6):1753-1763.

[18] Nordström H, Stánge K. Plasma lidocaine levels and risks after liposuction with tumescent anaesthesia[J]. Acta Anaesthesiol Scand, 2005,49(10):1487-1490.

[19] 戚可名.临床技术操作规范:整形外科分册[M].北京:人民军医出版社,2004:178-181.

第七章 形体塑造

第一节 肥胖症分类的历史

由于受生活方式和遗传因素的影响，人体的某些部位会蓄积过多的脂肪，特别是臀部、大腿和腹部。而区分脂肪堆积的类型可以更好地帮助医师选择恰当的手术方法，从而满足患者的需求。

Vague 通过测量男性和女性项部、骶尾部以及四肢近端的周长，用各个部位的平均值建立阳性指标。阴性和超阴性肥胖患者主要表现为下身的脂肪堆积，阳性和超阳性肥胖患者主要表现为上身的脂肪堆积。阳性肥胖患者易导致代谢紊乱。

Ashwell 等用照相方法对女性脂肪分布(FD)进行分类，其测量标准为：脂肪分布的评估为在正、侧位照片上腰部和大腿直径的比值(FD 值＝26 $\log_{10}$×腰部直径／大腿直径)。照相方法需要专用的设备，且操作复杂，误差较大，在临床实际应用中没有得到广泛推广。借助测量腰部和大腿的周长，然后通过方程式计算，可对肥胖进行评估(图 7-1)，这种方法比体形轮廓图、X 线片、皮褶厚度更快、更准确。

Grazer 和 Klingbeil 通过对臀部和大腿内外侧解剖部位的脂肪堆积进行分类以塑造体型(图 7-2)，而 Kalkhoff 则把女性腰部和腿部周长的比值作为脂肪分布的基础进行分类。Shaer 设计出臀部和大腿畸形的一种简单的分类方法(图 7-3)，这种方法可用于设计外科手术。臀肌外侧切迹处有一个明

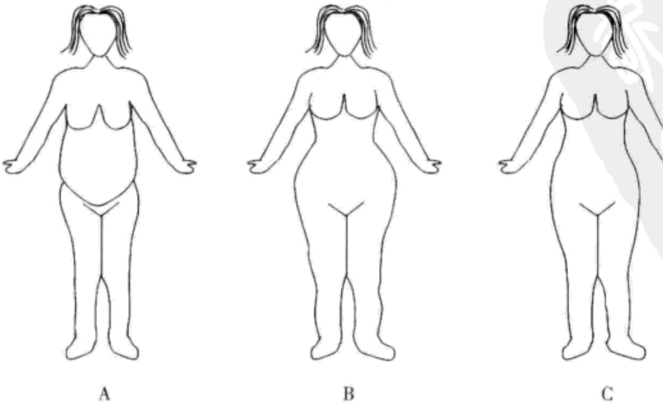


图 7-1 Ashwell 肥胖分类
A. 中央区肥胖 B. 周围肥胖 C. 中度肥胖

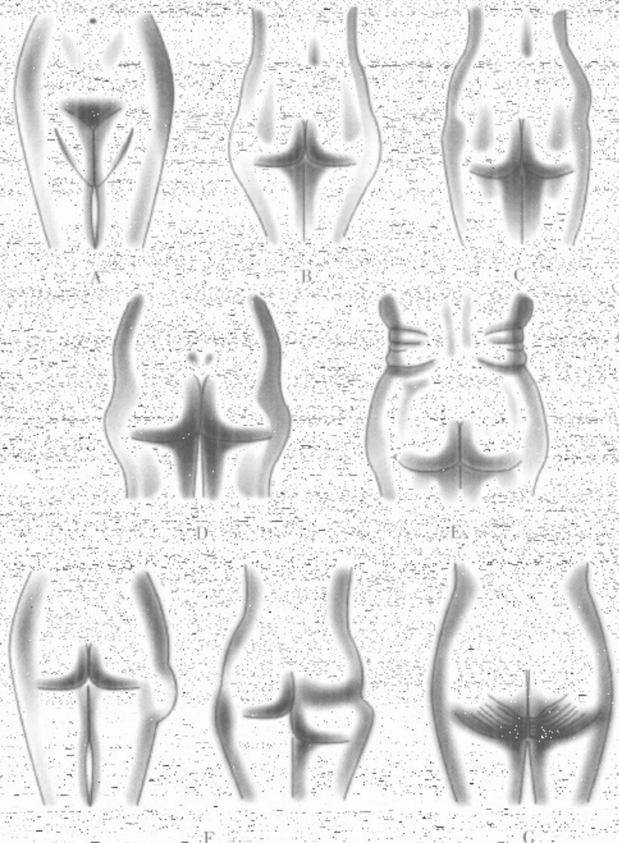


图 7-2 大腿、臀部和臀肌轮廓畸形的分类

A. 腿部多余、老化 B. 转子区畸形 C. 臀部凹陷 D. 转子区畸形和臀部凹陷 E. 肥胖 F. 不对称和外伤畸形 G. 老化和萎缩



图 7-3 Shaer 对臀部和大腿畸形的简单分类

1. 臀肌外侧切迹 2. 髂前上棘 3. 转子区堆积(马裤)畸形 4. 下垂或者较大的臀部 5. 骶骨和上臀部分散的脂肪聚集 6. 大腿中上部下垂或者脂肪堆积 7. 大腿中下部脂肪堆积

显的凹陷，通过髂前上棘、髂嵴和转子区域的脂肪堆积可以很明显地看到。通过对1区的填充，对2、3、4、6、7区的脂肪移除以及对3、4、6区的皮肤切除可以治疗图7-2上的各种畸形。目前，抽脂是脂肪移除的首选方法。如果抽脂完成后会刺激皮肤回缩，那就不需要皮肤切除了。

Ashwell通过对体形的形象比喻进行脂肪分布分类，他将脂肪主要蓄积在外周部分的形体称为梨型或女性型，而将脂肪主要蓄积在躯干中央部分的形体称为苹果型或男性型。他通过计算机断层扫描发现，脂肪堆积的好发部位为腹部，多为表浅的脂肪。Vague记录的结果为男性脂肪分布比女性更集中，他还发现，阳性肥胖与糖尿病、痛风、动脉粥样硬化的发生密切相关。

Song等对大幅度减肥后的形体畸形进行了分类，对上臂、胸部、腹部、侧腹部、阴阜、背部、臀部、大腿中段、大腿外侧、大腿下端10个解剖区域，用4个等级系统进行分析。其标准是：0，在正常范围内，不需要手术；1，轻度畸形，不需要或者仅需少量手术切除；2，中度畸形，需要切除；3，重度畸形，需要切除、提升或脂肪抽吸等综合治疗，常常需要剥离较大面积的皮下区域。Duggleby则阐述了肥胖人体的测量指数，包括身体质量指数(BMI)、腰围和腰部的标准高度。医师可以推断出每个肥胖程度的不同指数，并且需要决定哪几个指数与功能相关以及如何使用这些指数来判定不健康的风险。

（Melvin A. Shiffman　李学拥　吕小星　周安　王晓琳）

第二节　形体雕塑历史回顾

生活方式、过度饮食以及遗传、妊娠、老龄化等因素导致了肥胖和减肥后的皮肤松弛。一方面，减肥或运动无法改善局部肥胖和皮肤松弛；另一方面，全球气候变暖以及性感服装成为全球的流行趋势，这些都推动了形体雕塑学的发展。这里所讲述的形体雕塑学是在早期所形成的概念和原则的基础上逐渐形成的，主要雕塑部位包括腹部、上肢和下肢。

一、腹部

腹部在人体体型的美学中起着重要的作用，腹壁美容整形可以产生多种美感或功能改变。腹部畸形的原因包括肥胖、大幅度减肥、肌肉松弛、妊娠、局部脂肪堆积、外伤或外科手术留下的瘢痕、疝气或腹腔脏器疝出。

历史上，腹壁整形术最初的目的是为了修复疝气和治疗较严重的脂肪营养紊乱后遗症，手术的切口选择比较多，但是随着时代的发展，切口的部位逐渐下移到下腹部。

为了进行正确的诊断，制定恰当的个性化治疗方案，腹部形态的分级系统产生。

1　Ⅰ型体形　表现为单纯腹壁脂肪堆积，需要实施腹壁脂肪抽吸术(图7-4)。

2　Ⅱ型体形　表现为腹部脂肪堆积，中度皮肤松弛，伴或不伴肌肉松弛，需要小切口腹壁整形。如果术者熟悉腔镜的话，可以在腔镜下进行，并附带实施吸脂术(图7-5)。

3　Ⅲ型体形　表现为腹部脂肪堆积，重度皮肤松弛伴肌肉松弛，伴或不伴腹壁疝气，需要典型的腹壁整形术(图7-6)。

4　Ⅳ型体形　除了体形改变外，还存在早期手术遗留的垂直瘢痕，需要非典型的腹壁整形术并采用垂直切口(图7-7)。

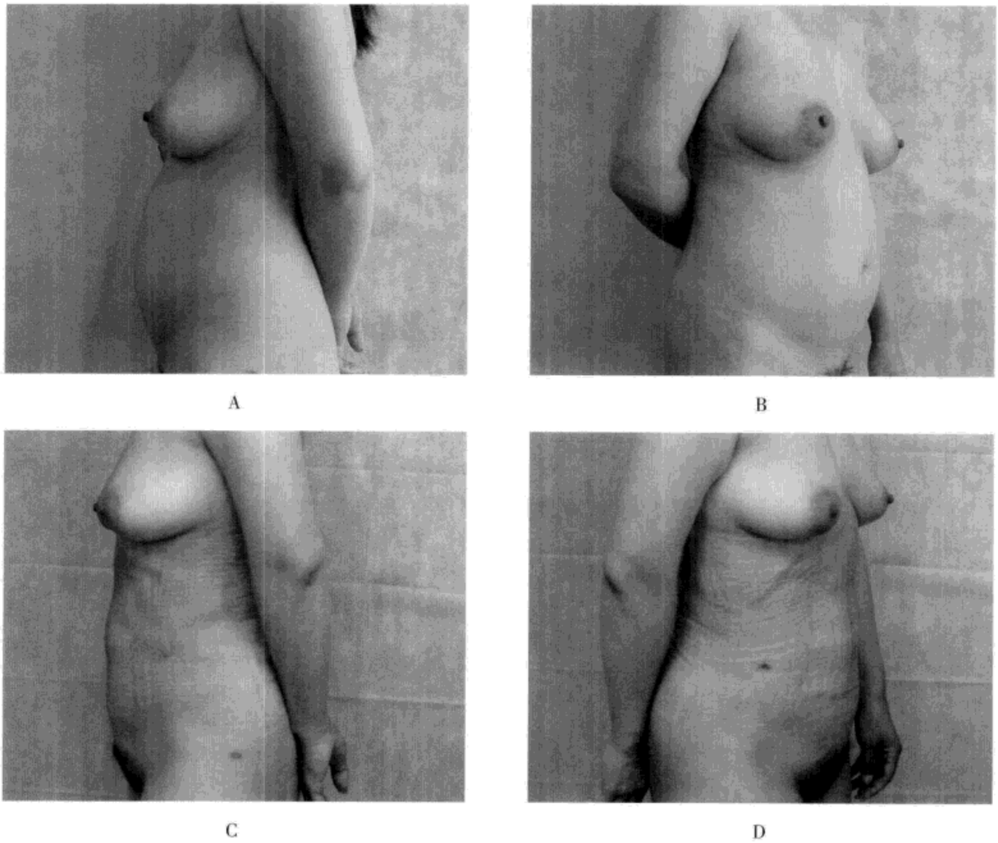


图 7-4　Ⅰ型体形者的腹部美容

A、B. 脂肪抽吸术前的腹部畸形　C、D. 脂肪抽吸术后

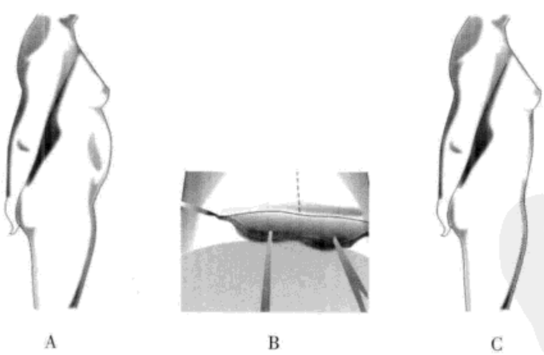
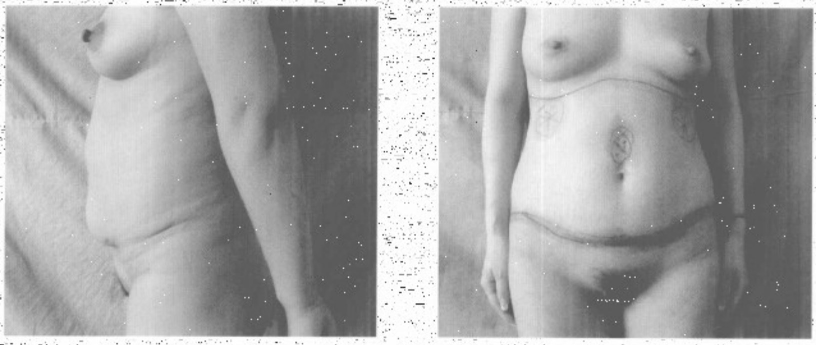


图 7-5　Ⅱ型体形者的腹部美容

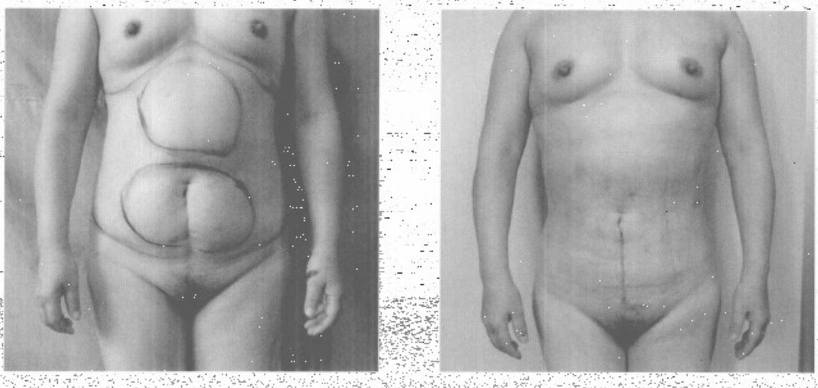
A. 手术前的腹部畸形　B. 小切口腹壁整形术　C. 联合实施脂肪抽吸术和小切口腹壁整形术后



A　　　　B

图 7-6　Ⅲ型体形者的腹部美容

A. 手术前的腹部畸形　B. 典型腹壁整形术的标记



A　　　　B

图 7-7　Ⅳ型体形者的腹部美容

A. 手术前的腹部畸形　B. 非典型腹壁整形术后

腹壁整形术先驱们的原则一直贯穿在过去的50年中：腹壁整形术后的切口瘢痕应该位于耻骨区域(图7-8)，并在此区域中形成一个令人满意的隆起的耻骨弓。水平向外侧延伸，形成弯曲的瘢痕，可以用衣服去掩饰。虽然医师是按照患者的选择进行手术的，但还是要告诉患者，在追求美

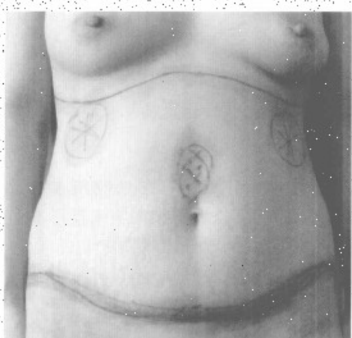
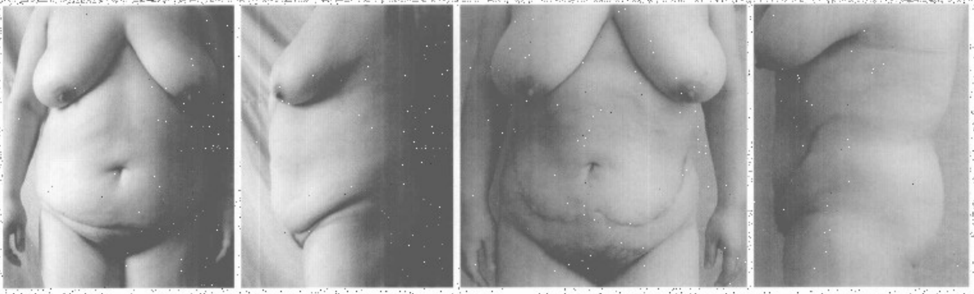


图 7-8　在耻骨上方用曲线标记切口

容的同时，瘢痕是永久存在的，而且瘢痕存在很多变异性。经典腹壁整形术的临床案例见图 7-9。

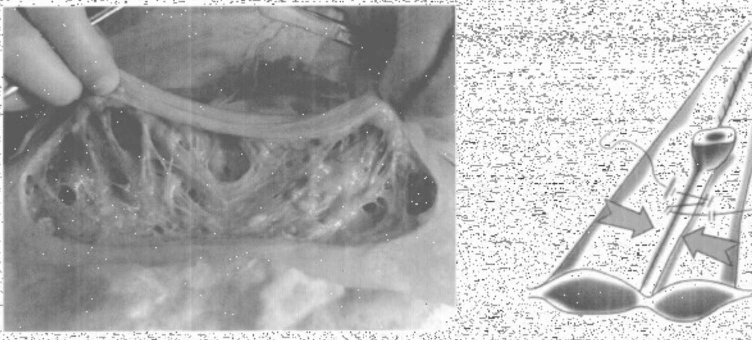
皮下剥离腹部皮瓣是在肌肉筋膜上进行的，可延伸到肋缘部位。在过去，这种剥离术是大范围的，而今天则限制在脐上中央区域，这样可以保留重要的肋间血管。肌肉松弛的治疗是通过腹直肌腱膜折叠术完成的，不需要切开肌肉筋膜。这种固定腹壁的方式是从剑突开始的，经过上腹部突起一直延伸到耻骨，用结实的非吸收线呈 X 形缝合腹直肌腱膜，反向打结（图 7-10）。



A　　B　　C　　D

图 7-9　49 岁女性的腹壁整形术

A、B. 术前；C、D. 经典腹壁整形术后



A　　B

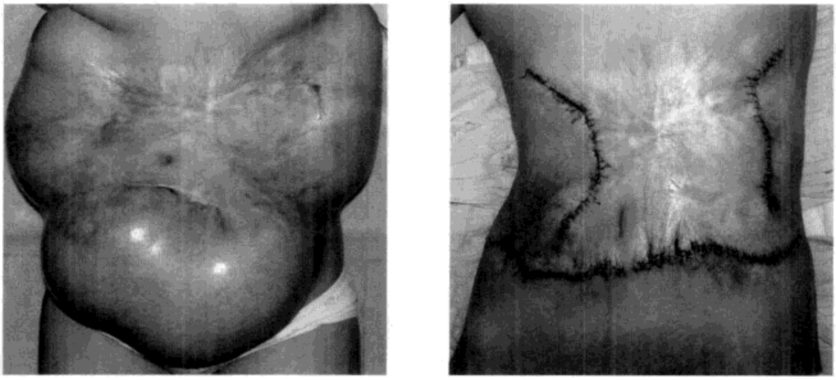
图 7-10　腹部皮瓣剥离和腹直肌腱膜折叠术

A. 不要在脐部中央区域对于腹部皮瓣进行剥离；B. 腹直肌腱膜用结实的非吸收线呈 X 形折叠缝合

当腹壁有较大的舒张程度或腹腔脏器疝出时，需要外科手术切开筋膜。当疝气或腹腔脏器疝出使原先的腱膜不能复位时，用网丝将腹壁牢牢固定在正常组织部位是非常必要的。大量多余的脂肪组织应该切除，以避免不能完全愈合。先前用组织扩张器扩张腹壁的方法对于去除大面积瘢痕是非常有意义的（图 7-11）。

轻轻抬起患者的身体，使之与水平面呈 15°，将耻骨上突起的皮瓣中央部分用临时缝线固定。用钳子将侧方组织瓣向中下方旋转牵拉。用长的 Pitanguy 皮瓣边界器检查多余的组织。在对侧采用相同的方法处理，在多余组织切除前一定要核查两侧是否对称（图 7-12）。

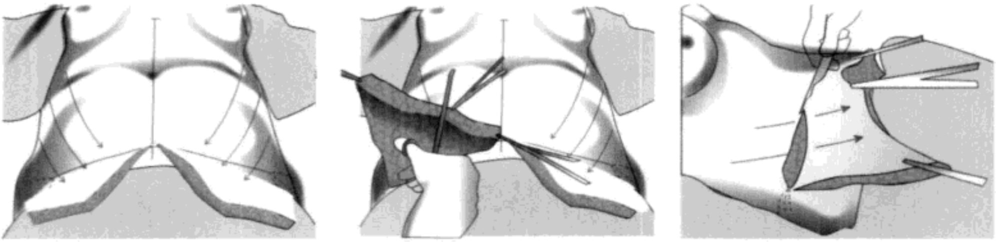
手术缩短脐颈，并用缝线将其牢固地固定在腹壁上。脐部应该从腹壁取出，并置于相应的正常



A　　　　　　　　B

图 7-11　31 岁女性的腹壁整形术

A. 剖宫产切口感染后伴有部分腹壁缺失，用扩张器扩张组织　B. 放置可塑性网丝和局部皮瓣提升再行腹壁整形术后



A　　　　　　　　B　　　　　　　　C

图 7-12　耻骨上皮瓣的处理

A. 在皮瓣中点固定一针　B. 用长的 Pitanguy 皮瓣分界器检查多余的组织　C. 通过斜形切口，切除过多的脂肪组织直至耻骨隆凸

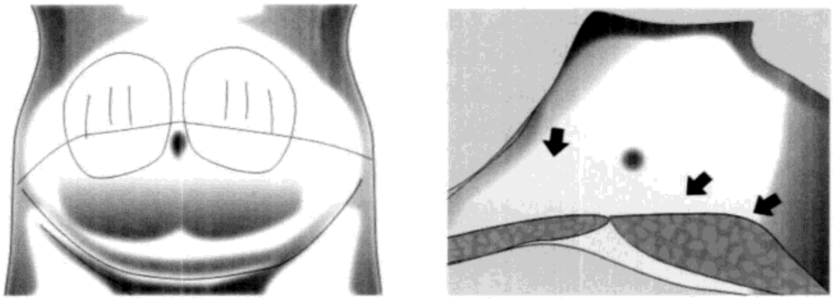
位置。应沿着身体中线拉动，避免错位（即使很小的偏差，将来也能看得出来），这样脐部就可以矫正了。腹壁外侧的标记线可用来核查脐部的正确位置。外科医师习惯于在腹壁上横切或切成半圆形的约 2cm 长的切口，当脐部固定后，这条直线就自然变成了卵圆形的切口。这样，吸脂术就可以在木塞形的切口下进行，从而使肚脐变得凹陷。

斜形切除皮瓣一直保留着 Scarpa 的方法，这样能够确保组织得到很好的填充。在开放式手术中，皮下多余的脂肪是用手术刀切除的，因此，皮肤组织的厚度应该和耻骨弓上隆起的部位相匹配（图 7-13）。

侧位吸脂术是常见的手术，主要用于整形、瘦腰等。需要强调的是，抽脂术不能在皮下剥离区域进行，因为这样容易引起局部坏死。

血肿是腹壁整形术后的一个常见并发症。一些方法可以有效地防止血肿，包括在手术中用灭菌的湿毛巾覆盖在切口处防止干燥、严格止血和放置引流管等。石膏涂在整个腹壁上是为了提供一个光滑均衡的压力，在腹壁上放置一个约 2kg 重的物体，并用厚而软的纱布包扎 48 小时，确保在腹部皮瓣形成一个均衡且恰当的压力，确保皮下组织能够与其黏附在一起。

脂肪抽吸术对于腹壁整形是一个非常重要的贡献，它能够以最小和最少的切口达到去除脂肪堆积的目的。腹部美容技术已经得到了很大的提高，目前已被认为是一个简单的程序或简单的外



A　　　　B

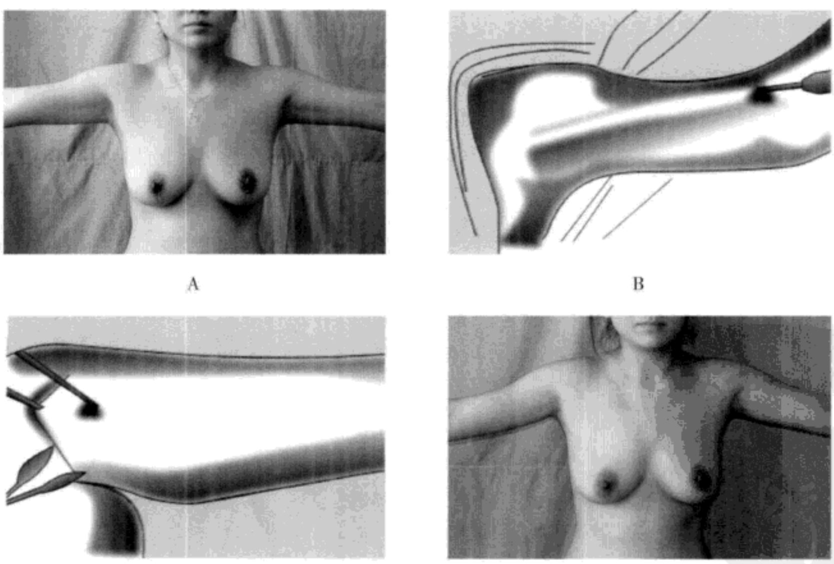
图 7-13　皮下多余脂肪的处理
A. 术前多余的脂肪组织　B. 通过开放式手术切除脂肪矫正

科手术，但还需要外科医师在非创伤区域用腹壁整形的方法去完善。脂肪抽吸术的应用大大减少了大面积切除的概率，从而大大降低了血肿的发生率。

二、上肢

治疗上肢轮廓畸形需要仔细考虑患者的主诉和期望值。外科医师应该强调手术治疗的局限性和可能性。当治疗上臂营养紊乱时，术后留下明显的瘢痕是不能避免的。当患者的上肢畸形和整个体形不协调时，则应有选择地切除多余的组织。

对于上臂后区中度脂肪堆积的患者，吸脂是一个较好的选择方法，可以通过最小的切口去除多余的脂肪组织（图 7-14）。对于畸形限制了 1/3 上肢活动的患者，可以应用吸脂术治疗，也可以在



A　　　　B

C　　　　D

图 7-14　上臂后区脂肪堆积的矫正
A. 术前上肢脂肪堆积　B、C. 采用脂肪抽吸术和有限的皮肤切除　D. 术后脂肪堆积的矫正

腋窝处作一个横切面，在皮下层进行剥离，切除多余的组织。

对于衰老或者大幅度减肥引起的皮肤松弛，大量皮肤切除术需要患者知情同意。在上臂后区上标记一个椭圆形分界线，这样可以保证瘢痕位于上臂肱二头肌内侧的位置。根据经验在皮下剥离组织，这样可以在本质上去除多余的囊状松弛皮肤。

采用直线切口形成的瘢痕可能会发生变形而呈弧形，但是采用弯曲切口最终形成的瘢痕相对令人满意（图 7-15）。吸脂法成为这种程序的一种有价值的附属方法。

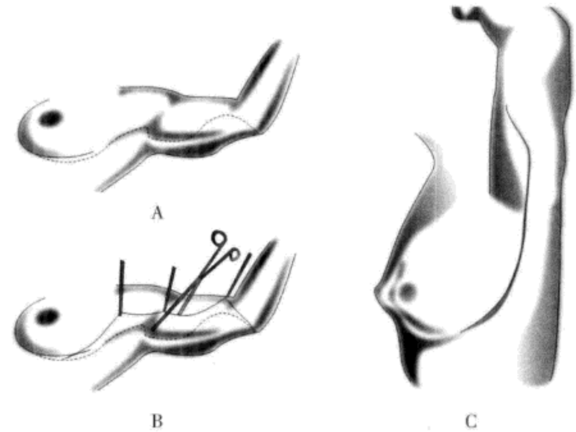


图 7-15　大面积组织填充的治疗
A. 切除大量皮肤切口的标记线　B. 切除　C. 术后

三、臀部和大腿

关节部位脂肪堆积进而影响体形的现象已经受到了许多学者的关注。需要强调的是，畸形引起患者心中的自我形象与现实差距很大，甚至可导致身体的不适或不良的姿势。

抽脂技术发明之前，外科医师治疗体形畸形仅仅局限于医疗设备所能达到的范围之内，大面积的手术切除导致了许多瘢痕的形成。1964 年公布了一项外科技术，即采用自然的解剖学皱褶来隐藏或掩饰手术切口。马裤畸形的修复就是通过独立的切口完成的，切口绕大腿上端旋转而不牵拉或去除多余的组织。这项技术没有经过其他组织的皮下剥离，而且将瘢痕的牵拉降到了最小的范围。深层缝合应该仔细认真，必须确保皮下筋膜的联系性，从源头上避免瘢痕的扩大（图 7-16）。

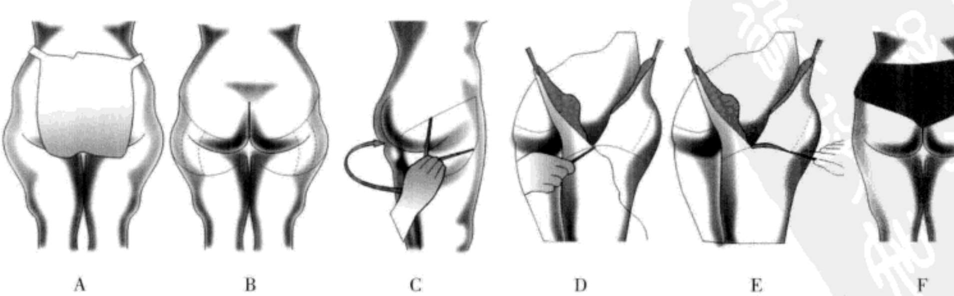
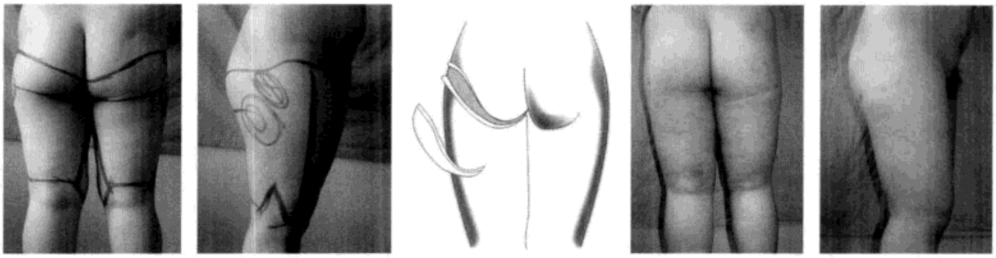


图 7-16　马裤畸形的手术修复
A. 术前的马裤畸形　B、C. 为皮肤脂肪切除术做标记　D、E. 切除　F. 术后

辅助吸脂术在相当程度上降低了大腿皮下脂肪切除术的应用。对于严重脂肪堆积的患者，也许可以采用不超过 6 个月的治疗周期进行连续脂肪抽吸，使皮肤获得较好的回缩，这在有些患者身上已经得到了较好的验证并取得了满意的效果。有趣的是，30 年前描述的方法（原则）对于现在的皮肤脂肪切除术仍然有效，当时的脂肪切除术划定的区域与现在的辅助脂肪抽吸术（选定的区域）是一致的。

目前，这种外科手术对于部分限定的患者的适用情况正处在研究阶段。这些患者要么存在严重的营养紊乱，要么有严重的脂肪堆积，体重下降后将导致皮肤和肌肉松弛。一些患者被误诊送来进行抽脂术，造成皮肤过多，因此必须正确应用马裤技术。另外，皮肤脂肪切除术必须遵守旋转技术法，不应拉伸皮瓣（图 7-17）。



A　　B　　C　　D　　E

图 7-17　吸脂术后皮肤过多的矫正

A、B. 29 岁女性患者，脂肪抽吸术后伴有过量的转子区皮肤　C. 切除皮肤　D、E. 术后

四、操作程序

有时，患者对于体形的改变存在多种抱怨，那么外科医师必须计划两种或两种以上的手术方式。在住院治疗中能够应用复合整形技术，对于患者来说有很多好处。然而，试图做这样的手术前还有更重要的方面需要考虑。虽然是一个小手术也存在很多精细的环节值得去关注。初步的考虑包括患者的动机、完整的身体和实验室检查、适当的医院设备。缺少方法学和前期准备仍是目前阻碍复合整形术施行的因素。另外，在患者没有做好心理准备之前，过多的体形变化可能会引起心理的不适。

经过数年的培训和长期的准备才能使医师的双手变得灵巧，才能具备一定的能力，才能成功应对重大手术。如果已经经过充分的训练，成为高资质的住院医师和护士，而且有熟练的麻醉医师的配合，那么就应该在外科手术中尝试结合美容学手术可去除。

五、结论

每一位患者都想通过外科手术来达到理想体形，整形外科医师必须了解患者的手术动机。另外，外科医师必须经常参与多学科综合学术交流以提高临床技能。

（Melvin A. Shiffman　李学拥　赵聪颖　李靖）

第三节　腹部形体塑造

一、腹壁的解剖

（一）美学指标

对于腹部的美学没有统一的标准。一般来讲，腹部美学的判定是依据腹部的分区进行的，但它并不代表最佳的美学标准。腹部形态受年龄、遗传、肌肉比例、肥胖与否、是否患有腹部疾病以及产次和姿势的影响，这些因素决定着腹部轮廓最终的形态。

腹前壁由肋弓、剑突、髂嵴、腹股沟韧带、耻骨联合组成。腹前外侧壁上界为肋缘和剑突，下界为髂嵴、腹股沟韧带、耻骨嵴、耻骨联合。腹白线位于剑突与耻骨联合的正中线上，被脐分为脐上和脐下两部分。腹直肌使腹白线的两侧形成带状隆起，一些肌肉发达的人，横行的腱划能够产生明显的切迹，在健美者的腹壁上可以清晰地显现出六块腹肌形成的隆起。半月线位于腹直肌两侧，向下至耻骨联合。腹股沟韧带的下界有着明显的切迹。

腹壁组织是由骨肌筋膜系统、皮下纤维隔、脂肪组织和皮肤之间相互联系组成的。腹壁轮廓通过凹凸起伏和不同光折射的变化表现出来，并具有美学的外观。剑突至脐部的腹白线在正中形成一个阴影切迹，两条横向的凹陷与脐下腹直肌的突起产生了垂直的宽条带状阴影。在这些突起的侧后面有两个宽的凹陷，称为半月形切迹。所谓的“lyre”，是由腹直肌、腹股沟韧带、耻骨外缘的腹外斜肌插入皮肤形成的。腹部轮廓是由胸廓下部分、骨盆较低处和腰中部形成的。腰部在肋缘下方和髂嵴之间 7～10cm 处。腰形与骨盆上部的口径有关，一个宽的骨盆能产生明显的腰形，而骨盆较小、骨盆和肋骨之间的距离短或者过度肥胖时腰形就不明显了。

脐的位置和形状是重要的美学特征。脐是胎儿出生后，与母体相连的脐带脱落后形成的凹陷。典型的脐是在发育成熟的腹壁上瘢痕内卷而形成的，中心的凹陷是其主要的美学特点。凹陷阴影下方的末端有一个更明显的阴影，通过脐的三角凹陷形成。有魅力的脐是娇小而垂直的，或者是 T 形的，垂直的皮肤内衬支撑着凹陷的脐带瘢痕。丑陋的脐是水平的、外形较大的，或者是突出的。脐应该位于两侧髂前上棘连线的中点或略高。

对于腹部美学，男性和女性略有差异。男性有 6 个单元（3 对），位于上腹部、脐周、下腹部；女性有 7 个单元，多了一个背侧反绕区，它也是进行腹部外科手术时应该考虑的。男性很少抱怨背侧反绕。

现代的观点认为，腹部的美学虽然千变万化，没有严格的界定，但典型的特征应该是在上腹部有一个中间凹陷，连接耻骨半月线的两个阴影，位于中线的腹直肌形成隆起，其两侧的腹壁形成类似竖琴样的外观。在脐下方，腹部的典型特征不是平坦而是轻微隆起。

肥胖程度影响着腹壁的形态特征。腹内和腹外脂肪的多少与腹部和臀部的美感有关。由于光折射的影响，脂肪组织的位置和厚度影响着腹部形态的美感。因此，当今腹壁整形术的基本原则是通过肌肉腱膜层给予新的张力，切除过多的皮肤和脂肪来重塑组织和改变光折射以产生美学效果。

（二）皮肤和皮下组织

腹部的美感高度依赖于皮肤的质地、形态以及皮下组织，如果操作不当，违反严格的解剖学原

则会产生不同程度的并发症。

皮下有网状纤维隔和筋膜组织。肋下和上腹部只有一层皮下筋膜，这层筋膜很薄，并且在下腹部演变成两层，浅层即含大量脂肪组织的 Camper 筋膜，深层为富含弹力纤维的膜性层即 Scarpa 筋膜。Scarpa 筋膜延伸到会阴部（女性会延伸到大阴唇），并被松弛的网状层分离出下面的深筋膜，它与大腿、腹股沟韧带的内侧部分、耻骨结节的深筋膜融合。

（三）动脉分布

腹前外侧壁的深层有 3 条股动脉的浅支，从上到下，分别为浅层的旋髂浅动脉、腹壁浅动脉和阴部外浅动脉。在皮下组织中，这些动脉直接连接于脐。腹壁浅动脉和对侧同名动脉相吻合，并且汇合于上腹部的动脉。

腹部血供可分为三部分，第一部分供应腹直肌以及从上而下的上腹部组织，第二部分供应下腹部、髂前上棘到耻骨、腹股沟皱褶和上腹部浅层、外阴浅层和旋髂系统水平上的横线，第三部分供应从肋缘上线处到髂前上棘和肋间与腰动脉分支相应的横线处。深层动脉经过腹横肌和腹内斜肌之间，它们是第十和第十一肋间后动脉、肋下动脉的前支，第四腰动脉的前支，深层的旋髂浅动脉。腹直肌鞘的血供来自腹壁上动脉，它起于胸廓内动脉，与上腹部下方起于腹股沟韧带上的髂外动脉相同。腹壁上动脉进入腹直肌鞘深入腹直肌的上端。两个肌皮的垂直血管穿入前面的腹直肌鞘，为皮肤提供血液。腹壁下动脉在腹膜外的结缔组织内，并且进入通过腹直肌和鞘后层之间的弓状线水平之上的鞘。

（四）静脉回流

在上腹部浅层，旋髂浅静脉和阴部浅静脉汇聚于腹股沟后进入大隐静脉。在脐上方，浅层静脉经由乳房内、肋间和较长的胸部静脉流入上腔静脉，通过从腹股沟上升到腋窝的胸腹壁静脉这两组参与到三者之间。静脉的两个系统相互吻合，与门静脉、脐旁静脉在脐部间接相连，并通过门静脉左支沿着肝圆韧带到脐部。

（五）淋巴回流

腹壁的淋巴回流分成两个综合性的系统，较高级的系统在脐上区，向胸部和腋窝淋巴结回流；较低级的系统在脐下区，向腹股沟结点浅层回流。腹内的淋巴系统从肝经过肝圆韧带到脐，与前腹壁淋巴系统相通，因此肝脏疾病通过脐能传播到腹股沟淋巴结。据报道，腹股沟深淋巴结接受大量的下肢淋巴液回流。出球小动脉从深结点回流到髂骨外侧淋巴结、髂骨总淋巴结、腰淋巴结，最后到达乳糜池和胸导管。

（六）神经分布

腹壁皮神经的分布与胸腔的肋间神经部分相似。其下位的 6 根神经斜绕在分布于腹部、通过腹外斜肌表面的横向皮支上。每个表皮的支流都分成较小的末梢神经，并且延伸到背阔肌和大量的腹外斜肌、皮下组织和皮肤前端的神经之上。肋间神经的主干通过腹直肌向前延伸到中腹部表面，然后再穿过前直肌鞘，在距正中线大约 1cm 处穿出。大多数腹壁末梢神经来源于第一腰神经，它们是髂腹下神经和髂腹股沟神经。

（七）肌筋膜解剖学

腹壁包括大量且复杂的有某些功能的肌筋膜。在侧面，从外到内，有两对腹外斜肌、腹内斜肌和腹横肌；有两对正中肌群（包括腹直肌和锥状肌）。这些肌肉使腹内压增加，有助于排尿、排便、分娩。腹直肌起始于耻骨联合和耻骨嵴，嵌入剑突和第五至第七肋软骨，这些肌肉是由肋间神经胸 7～T1 支配的，血液供应来自于肋间动脉、腹壁上动脉和腹壁下动脉。腹直肌位于正中线两侧，包含腹直肌的大肌群。腹直肌是特殊的纤维网状组织，对腹内斜肌腱膜、腹外斜肌腱膜和腹横肌腱膜纤

维有一定的影响。腹内斜肌腱膜分裂的两层中间称为腹直肌鞘的弓状线,一层经过腹直肌的前面,另一层经过腹直肌的后面。因此,前腹直肌鞘弓状线包含腹内外斜肌腱膜,后腹直肌鞘弓状线包含腹内斜肌和腹横肌腱膜。

在解剖学上,弓状线被定义为腹直肌后鞘的下线。在弓状线的下面,腹内斜肌腱膜没有分叉,腹直肌前鞘包含腹内外斜肌腱膜和腹横肌腱膜。在正中线处是腹白线,由腹横肌腱膜和腹内外斜肌腱膜连接形成。

腹外斜肌起始于下游的8根肋骨并嵌入髂前上棘、耻骨嵴和耻骨结节。和腹直肌相同,腹外斜肌也是由肋间神经胸7~11支配的,它也受到髂腹下神经、肋下神经(胸12)以外的髂腹股沟神经支配。肌肉的血液是由第七至第十一肋间动脉、表层和内层的上腹部动脉、深层和浅层的髂动脉、浅层阴部外动脉供应的,肌纤维是直接向下的。

腹内斜肌起始于髂嵴的前2/3、腹股沟韧带的侧面2/3,与胸腰筋膜相同,肌群垂直于腹处斜肌纤维。这些肌肉嵌入到下游的4根肋骨和耻骨嵴,它们的血液供应和神经分布与腹外斜肌相似。分布于前腹壁平面支配的神经、血管在腹内斜肌和腹横肌之间,在解剖学上,这样的分布可以避免外科手术时出血和腹壁神经损伤。虽然腹壁的神经、血管位于腹外斜肌和腹内斜肌之间,但是,事实上分离和修复腹壁时仍然会有出血。

腹横肌起始于下游的6根肋骨、髂骨前嵴,侧面的腹股沟韧带,与胸腰筋膜相同。它嵌入耻骨嵴,血液供应与神经分布与腹内外斜肌群相似。

锥状肌在正中线下方,腹直肌下1/3之前,起始于耻骨嵴并嵌入腹白线,由肋下神经支配,下方上腹动脉之外的肋下动脉分支供给血液。

腹横筋膜由连接腹腔肌肉内层组织的边缘组成,并且从肋弓延伸到骨盆。在一些区域,这些筋膜层都有专用名,如覆盖在髂肌或腰肌上的叫做髂肌或腰肌筋膜。腹横筋膜的本质是多层次复合筋膜,腹横肌腱膜很薄,与深部组织紧密粘连;在股生殖区却较厚,并且易于分离。

腹膜位于腹壁和腹股沟最内层,除了内环连接比较紧密外,在大部分区域,它与腹横筋膜连接都不紧密。在腹膜和腹横筋膜之间,有一腹膜外脂肪松弛层,对外科手术操作的界定有重要作用。

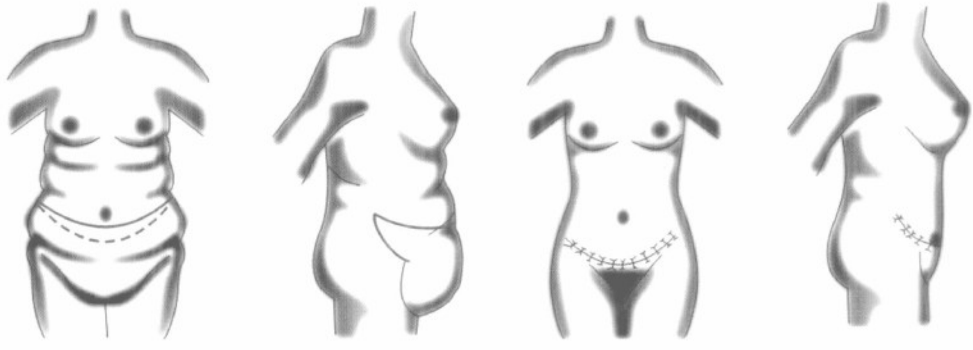
腹壁轮廓是骨骼肌筋膜和表皮之间紧密联系的系统,对解剖学和病理生理学的深入理解可以进行安全的整形美容。腹壁轮廓包含了能够支持日常生活中多种功能的筋膜网状复合结构。理解这些单元的解剖关系对于临床医师论述和治疗复杂的临床病症是非常重要的。

二、腹壁整形术的历史

腹壁整形术是指对腹壁脂肪堆积较多并伴有明显的腹壁组织松弛,甚而形成了松弛下垂的围裙样畸形或壶腹样畸形的患者进行矫正的手术。很难确定谁是这项手术的先驱者。在19世纪末,欧洲的许多外科医师在对腹壁疝修复的同时实施腹壁的皮肤脂肪切除术,以纠正肥胖并使腹壁疝修复术变得更为便利。尽管近年来出现了损伤更小、操作更简便的负压吸脂术,腹壁整形术经历了几十年的技术改进和经验积累,直到现今,仍然是一种无法替代并广泛使用的形体雕塑美容手术。

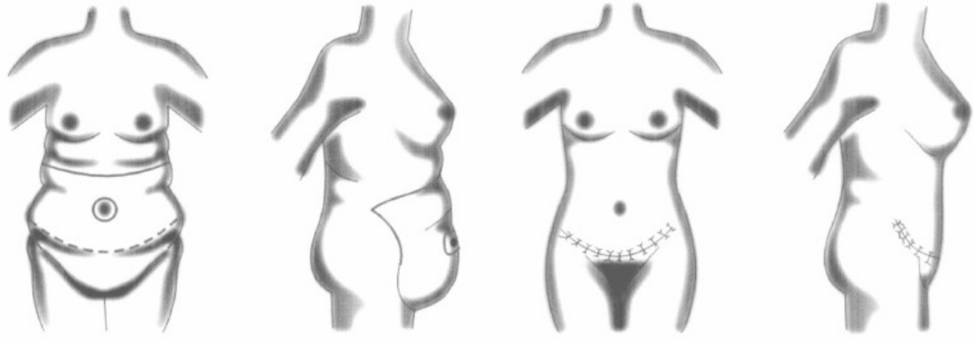
腹壁整形术最早起源于欧洲。1890年,Demars和Max报道了第一例有限的皮肤脂肪切除术(图7-18)。随后,Kelly第一次提出通过切除过多的腹部皮肤和脂肪来实施腹壁重塑整形的概念。他通过横行切除的方法,两侧到达侧腹壁,切除了重达7450g的皮肤和皮下脂肪。一年之后,他又把美学概念引入这类手术中(图7-19)。以后,其他外科医师在这方面也做了许多尝试。

Gaudet和Morestin报道在修复疝气时采用腹部的横向切口,切除腹部多余的皮肤和脂肪并保



A　B　C　D

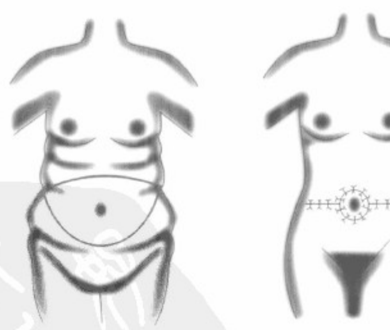
图 7-18　第一例有限的皮肤脂肪切除术



A　B　C　D

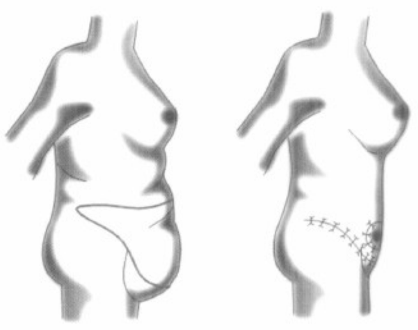
图 7-19　Kelly 的腹部塑形法

留脐部的方法。Beck 提出了美学单位的概念，并且提出了一种横向切口的腹壁整形术，将脐置于切口瘢痕的中心（图 7-20）。Frist 在腹壁整形术中通过隧道，在横向缝合处进行了第一例脐的重新定位，这一步被认为是现代腹壁整形术的诞生（图 7-21）。几年后，Thorek 描述了一种通过半月形切除脐下方的腹部皮肤来保留脐的方法。Somalo 报道了一例环形切除躯干和腹部脂肪的形体重塑。其



A　B

图 7-20　Beck 保留脐部的方法



C　D

图 7-21　Frist 通过隧道复位脐部的方法

PDG

他的整形医师，比如Pick、Barsky和Gonzalez-Ulloa描述了一种经典的脐下脂肪切除，即所谓的"belt lipectomy"。1967年，Pitanguy发表了一份300例腰部脂肪切除的报告。Regnault在1975年发表了腹壁整形的W技术。1973年，Grazer等首先描述了比基尼线切口。1967年，Callia描述了一种在腹股沟折叠延伸的较低的切口，这也是第一个腱膜缝合的报道。

从1970年起，从事腹壁整形的医师达成共识：腹壁整形术的最适切口是低的横向切口；腹直肌鞘的缝合能减少腹壁的前凸，但减少腰围的作用不大；脂肪抽吸从根本上改进了形体雕塑的概念，并且为现代腹壁整形技术的发展提供了机会。

1984年，Psillakis首先提出腹外斜肌折叠术，这种方法能够显著缩小腰围。他还做了细微的改良，比如对上腹凸出的患者实施肋缘切除手术。Hakme提出了微型腹壁整形术（miniabdominoplasty）的概念，将整个腹部的大量脂肪吸除术和耻骨上皮肤的最小椭圆形切除结合起来，不改变脐的位置，这是吸脂术和腹壁整形术联合应用的首次报道。此后，许多作者发表了不同类型的综合技术，在不同患者的解剖基础上，将腹部整形的外科手术扩展到一种类别，从单独的吸脂术发展到局部或者全部腹壁的整形手术。从那时起，在腹壁整形术前进行吸脂术成为非常普遍的选择。

1995年，Lockwood报告了一例高侧向张力的腹壁整形术，它的关键点包括尽量减少剥离范围，通过闭合沿着侧肢的高张力伤口增加了侧向皮肤的切除，以及双层表面筋膜系统的修复。

当低腰比基尼流行以后，为了隐蔽瘢痕，腹壁整形术的切口几乎水平。当法式比基尼流行以后，腹壁整形术的切口从近乎水平变为隐藏于腹股沟褶中。为了把切口瘢痕隐蔽于这些新泳衣的式样下，1997年，Gonzalez和Guerrerosantos描述了一种特殊的手术方法，称为深度躯干腹壁整形术（deep torso-abdominoplasty）。在这种手术中，切口位于较高的位置（图7-22）。21世纪以来，低腰比基尼再次流行起来，因此需要在手术切口上进行适当的调整，以达到一种个性化的腹壁整形术。2001年，Saldanha发表了一种新的技术创新。此前，Avelar发表了他的研究。Saldanha发展了一种特殊的选择性剥离的方法，即将全部脂肪吸除术和腹壁整形术结合在一起，保存了中线上和脐周穿支的血管（图7-23）。Saldanha的"血管保留"新概念对避免腹壁下端局部缺血的并发症和提供良好的切口愈合是非常重要的。

根据切口的位置，腹壁整形术分为三种类型：①横向腹股沟-耻骨联合切口（图7-24）：最常用，切口低；②高横向切口（图7-25）：适合位于胃系膜区域的局部肥胖患者，通常与普外科手术结合应



图7-22　深度躯干腹壁整形术的比基尼式切口

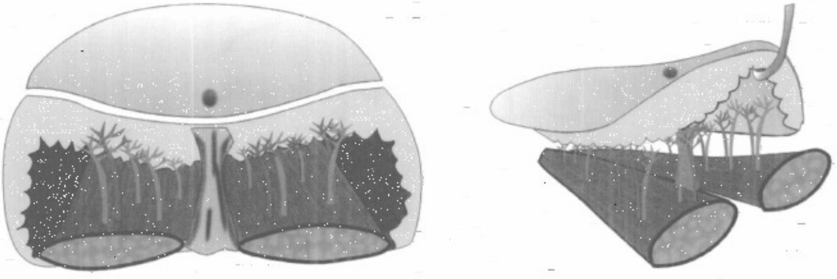


图 7-23 Saldanha 方法：将全部脂肪吸除术和腹壁整形术结合在一起，保存了中线上和脐周穿支的血管

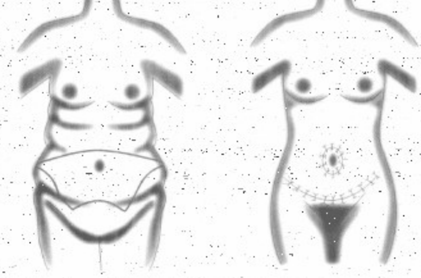


图 7-24 Callia 的横向腹股沟-耻骨联合切口

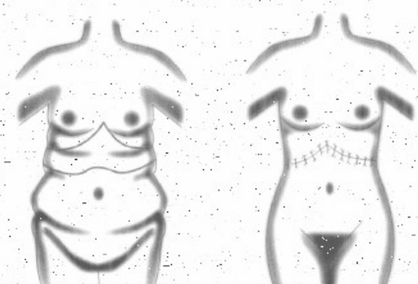


图 7-25 Thorek 的胃系膜区高横向切口

用；③垂直或横向-垂直混合切口(图 7-26、图 7-27)：仅适用于肥胖症治疗后的选择性病例。

现在，不管使用哪种技术，优美的体形和理想切口位置是每一位外科医师追求的目标。Forlini 和 Manjarrez 描述了一种简单的方法，来达到一种理想的腹部皮肤和张力的分布，避免可怕的术后并发症，如不规则的瘢痕、"猫耳朵"畸形等。为进一步改善效果，利用硅胶为基础的药物和生物胶进行缝合已经逐步发展起来。

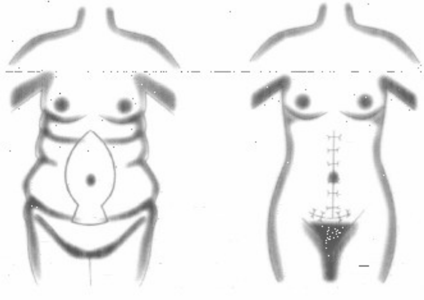


图 7-26 Correa-Itturaspe 的垂直切口

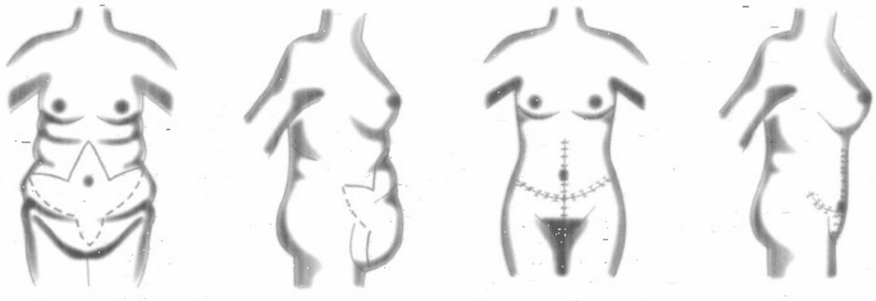


图 7-27 Castan-ares 的横向-垂直混合切口

三、腹壁整形术的适应证和原则

(一) 适应证

多年的手术实践和经验积累表明腹壁整形术的适应证是身体健康、没有系统疾病、没有进行过节食或者肥胖症治疗而在短时间内使体重大幅减少者。

(二) 原则

1 腹壁整形术类型(包括完全的、改良的、微型的等)的选择取决于 Wallach 和 Matarasso 所描述的皮肤松弛度、脂肪和肌肉松弛度以及有无肌肉分离(表 7-1、表 7-2)。

表 7-1 腹壁整形术类型的选择

分类	皮肤	脂肪	肌筋膜系统	治疗方法
Ⅰ类	最小松弛	变量	最小松弛	吸脂辅助的脂肪切除术
Ⅱ类	轻度松弛	变量	轻度下腹部松弛	微型腹壁整形术
Ⅲ类	中度松弛	变量	中度下腹部和(或)上腹部松弛	改良的腹壁整形术
Ⅳ类	严重松弛	变量	严重的下腹部和(或)上腹部松弛	结合脂肪抽吸术的标准腹壁整形术

表 7-2　腹壁整形术最小入路分类

分类	皮肤	脂肪	肌筋膜系统	治疗方法
Ⅰa 类	最小松弛	+	最小松弛	吸脂辅助的脂肪切除术
Ⅱa 类	轻度松弛（垂直瘢痕）	变量	轻度下腹部松弛	开放式小切口腹壁整形术
Ⅲa 类	严重松弛	变量	中度下腹部和（或）上腹部松弛	内镜肌肉途径

2　吸烟的患者，术前两周戒烟。

3　大范围吸脂后的患者不能进行腹壁整形术。

4　谨防上腹部肋下瘢痕。这些瘢痕有可能破坏在中线走行的肋间血管，并且因重力作用使瘢痕受到牵拉而向下移位，从而导致术后瘢痕内侧的组织坏死。因此最后的横向切口至少应距离迁移的瘢痕下缘 6cm 处，以预防坏死。

5　标出切口线和切除范围。耻骨上方为切口中点，横向切口线不要高于耻骨，两侧不能超过髂前上棘，缝合的切口线应位于尽可能低的隐蔽位置。

6　在耻骨上端标记下方切口的中心。完全的腹壁整形术的切口外侧至髂前上棘，美容手术的切口应追求更好的美容效果。

7　如果伤口闭合后中线位置出现肌肉松弛，应对腹壁两侧的腹外斜肌进行折叠缝合，以增加横向张力。

8　关闭伤口前彻底止血。

9　如果术后 24 小时出现皮肤发绀，可以拆除耻骨上的切口缝线（中线每边 4～6cm），以减轻皮瓣张力。24 小时引流量少于 50ml 时可以拔除引流。

10　如果出现皮肤坏死应进行常规换药，如有必要可用清创术。怀疑有潜在感染（表现为白细胞升高、发热、发冷、压痛、红斑等）时可使用抗生素。应向患者解释康复的时间通常是几周到几个月。

11　不要使用皮肤移植修复肉芽创面。可以利用一个较小的瘢痕愈合而不是移植来使伤口二次愈合。

12　腹壁出现红斑可能是初期坏死性筋膜炎的迹象，可增加抗生素的剂量或者改变抗生素的种类，并进行引流液培养。如果 48 小时内红斑没有减少，应考虑静脉注射抗生素。如果出现坏死，只有清创能减少或者阻止广泛的表面及深度坏死。

四、脂肪抽吸腹壁整形术

1921 年，Dujarrier 首次描述了以矫正体形为目的的脂肪抽吸术，他用子宫刮匙对一名舞蹈家的下肢进行吸脂来达到大腿部塑形的目的，结果导致了戏剧性的失败。1955 年后，Giorgio 和 Arpad Fischer 用钝头吸管进行脂肪抽吸，开创了现代吸脂术的新时代。尽管 100 年以前吸脂的门诊手术就已开展，但是，吸脂手术所需的局部麻醉药剂量较大会导致局麻药中毒，因此大范围的脂肪抽吸在标准的局部浸润麻醉下很难完成，仍然要在手术室全身麻醉下进行。1987 年，Jeffrey Klein 发明了创新性的肿胀麻醉技术，彻底改变了吸脂术的麻醉方式。经过长时间临床应用证实，肿胀麻醉技术使吸脂术能够在门诊手术室中安全有效地实施。据统计，吸脂术是美国最常见的门诊美容外科手术（54%，2007 年），其中，腹部是最常见的吸脂部位。门诊腹部脂肪抽吸术的原则同样也适用于身体的其他部位，包括大腿、后背、上臂和面部等。

(一) 肿胀麻醉的安全性

肿胀麻醉技术是目前吸脂术首选的麻醉方法。该技术是将肿胀液即生理盐水、利多卡因和碳酸氢钠按一定比例混合后分层注入皮下脂肪层中，直到皮下脂肪变得肿胀坚硬。肿胀麻醉技术安全可靠的原因在于：

1 经生理盐水稀释的利多卡因浓度为 0.075%～0.125%，在肾上腺素的辅助作用下，利多卡因最大安全剂量从 7mg/kg 上升到 55mg/kg。

2 肾上腺素具有双重作用，它使皮下血管收缩，从而减少了出血。血管收缩还降低了利多卡因的吸收速度，减缓了血液中利多卡因浓度的上升速率，使其到达峰值的时间推迟到浸润麻醉后 4～14 小时。

3 肿胀麻醉技术使手术在患者清醒的状态下进行，消除了静脉注射镇静剂和全身麻醉所带来的副作用。

(二) 手术成功的关键

门诊吸脂术是高效安全而且费用低廉的美容整形外科常规手术。为了获得最好的手术效果和减少并发症，手术医师应该仔细选择受术者，制定周密的手术计划，并设定切合实际的手术效果。手术医师应该技术熟练，使用的手术器械应配套，并严格遵循无菌操作，术后加强护理。

(三) 吸脂术的发展

过去 30 年以来，随着吸脂器械和吸脂技术的不断改进，使吸脂手术更容易操作，患者的痛苦更轻。各种型号的吸管取代了老式的粗吸管，使抽吸更平滑、更精确，同时减少了对血管、神经、纤维隔的损伤。动力辅助吸脂(PAL)套管的出现(前后往复震动频率达 7000 次 /分)减轻了手术医师的体力消耗。超声辅助吸脂(UAL)借用超声发射头使脂肪乳化，从而更加容易吸出，但因为经常发生烧伤和血清肿等并发症，20 世纪 90 年代已很少在临床上应用。第三代 UAL VASER 辅助吸脂(VAL)改进了之前 UAL 的技术，它使用了更小的超声能量并降低了并发症(图 7-28)。它用 1mm 的激光光纤，深入皮下组织，利用激光热能破坏脂肪细胞膜，溶解的脂肪再由身体自然代谢。VAL 脂肪整复可以在肿起的部位下进行局部麻醉，安全性更高。

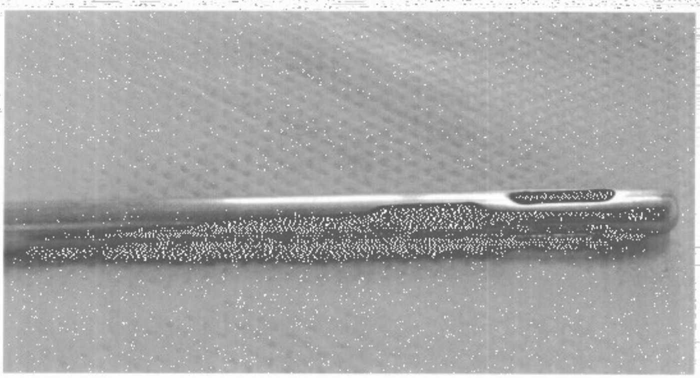


图 7-28 VentX 吸管有着相对较小的侧孔，在脂肪抽吸术中可以减少对组织的损害

(四) 受术者的选择

腹部整形是最常见的体形重塑手术。理想的受术者首先要具有比较现实的手术期望值；其次

是身体质量指数(BMI)正常,有好的肤色,喜爱运动,无节食,无局限性的脂肪隆起,不吸烟,无系统性疾病。最终是否适合手术涉及多方面的因素,包括受术者的期望值、完整的病史、体检以及体重和身高。首先了解受术者的需求并对其进行评估,如果受术者抱有不切实际的期望值就要考虑手术的可行性。再次,受术者是否患有系统性疾病,例如糖尿病、高血压、凝血功能障碍、心血管疾病(如心律失常、心绞痛)等。受术者如果接受过抗血小板疗法或者抗凝治疗,则不宜进行手术;如要手术,需至少停药 10 天以上。许多药物都会和利多卡因发生相互作用,因此必须在手术之前停止使用这些药物,从而降低利多卡因的毒副作用;如果不能停药,利多卡因的剂量要减少到 35mg/kg 以下。

腹部检查中,注意皮肤的松弛度和皮纹方向,因为短期的体重减轻或者生产都会导致严重的皮纹。注意手术切口瘢痕,以免手术中穿透腹壁。如有腹壁包块,须在站立和平卧位仔细检查,并确定是否可以进行手术。体重和身高是用来计算 BMI(BMI＝体重(kg)/ 身高$(m)^2$)的,如果 BMI 值高于 30,建议受术者术前进行节食和锻炼来降低体重。超重(BMI =25～30)并不是理想的腹壁整形适应证,但会在治疗中取得成功,如果要保持手术效果,就要在术后坚持适当的运动锻炼。

如果受术者适合进行吸脂手术,那么医师应当向其说明手术操作的细节。另外必须告知在手术过程中使用的是局部肿胀麻醉,因此手术是在清醒的状态下进行的,受术者知道手术的全过程。同时向受术者完整解释手术步骤、持续时间、不适反应以及术后的预期效果,还应包括可能的副作用和并发症、治疗的局限性以及治疗的成本。如果手术范围大,或者多部位手术,应当仔细制定手术步骤。

(五)术前准备

术前应进行一系列评估和常规检查。首先医师应该确定受术者希望达到什么效果,并消除其不切实际的期望。期望值过高会给受术者一个手术效果不佳的感觉,所以最好能降低受术者的期望值。关键是要让受术者知道腹部整形目的是改善外形,减少体积,而不是完美。向受术者解释移除所有脂肪有可能导致皮肤不规则、松弛以及血肿增加等不良后果,对受术者放弃不切实际的期望是有帮助的。一旦受术者理解了形体重塑的概念,并且有比较实际的预期,达到满意效果的可能性就比较大。

术前对受术者说明详细的手术过程,以缓解受术者的焦虑,同时应强调腹部重塑的潜在风险和并发症。重新检查病史和实验室检查结果,重点关注用药史,停用能增加副作用或者并发症的药物,包括干扰利多卡因代谢的药物,否则在肿胀麻醉过程中,利多卡因的剂量要减少以避免毒性反应。受术者必须在术前 10 天停用所有非类固醇性抗炎药物,比如阿司匹林、布洛芬以及营养品和中药,以减少它们的抗血小板作用,避免造成的潜在出血。

肿胀麻醉后 14 小时,利多卡因的血清浓度达到最高值,如果发生毒性反应,会有明显的临床症状,所以术后第一夜必须有人陪伴。要告知受术者,术后 18 小时可能会有大量的血性肿胀液流出,可以减轻局部肿胀,减少利多卡因的全身吸收,减少感染的机会。

检测受术者的血压和心率并再次称重,通过体重可以计算出利多卡因的最大安全剂量(55mg/kg)。如果利多卡因用量没有超过 45mg/kg,手术是安全的,麻醉是充分的。还要再次检查腹部是否对称,皮肤是否松弛,脂肪组织的厚度和分布是否均匀。有人提出切口要便于到达所有待整形的部位,同时将切口尽可能置于隐蔽的区域,比如低于比基尼线或者在乳房下的皱褶内。手术前后常规照相(图 7-29),然后测量腰围、臀围和最大腹部周长,用来记录治疗结果。

实验室检测应包括血常规(白细胞、红细胞、血小板计数等)、凝血功能(PT、PTT 等)、肾功能(尿素氮、肌酐、钾、钠等)和肝功能(AST、ALT、胆红素、碱性磷酸酶等),出现任何异常结果都应该

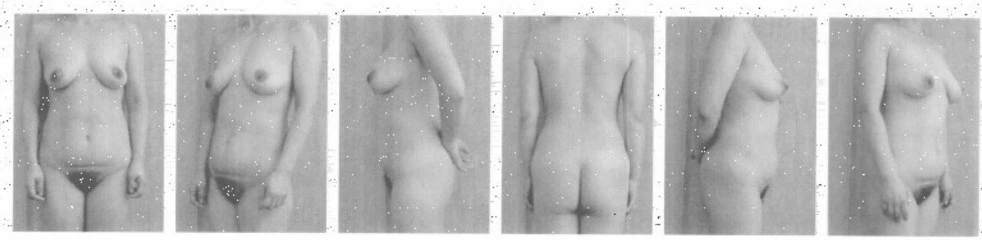


图 7-29 患者术前照相，从前面、斜面、侧面和背面角度拍照

重复检测并进行进一步评估。有心脏病史或心律不齐的受术者应进行心电图检查。因为手术是在局部麻醉下实施的，通常不需要进行胸部 X 射线检查；但是对一些老年人、严重吸烟者或者有心力衰竭迹象的受术者，特别是需要注入大量的肿胀液体者（大量液体会引起液体超载），则要考虑做 X 线检查。

（六）手术计划

手术前打印出受术者的照片，并用记号笔在照片上画出新的轮廓。这有助于医师确定去除脂肪的量和去除范围，从而达到满意的效果。根据医师的经验需计算出肿胀所需的最适肿胀液量。与较小腹部或者没有细纹和松弛较轻的皮肤类型相比，具有柔软脂肪和松弛皮肤的较大腹部需要注入较大量的肿胀液以达到肿胀效果。

每升肿胀液中的利多卡因浓度应根据手术所要求的肿胀液量和受术者的体重而定。腹部整形外科在每升标准盐中加入 600～800mg 利多卡因，因此肿胀溶液中的利多卡因的浓度为 0.06%～0.08%。

举例说明：一名受术者的体重为 68kg，要求全腹吸脂，其所需肿胀液的量如表 7-3 所示。

表 7-3 68kg 体重的受术者全腹吸脂所需的肿胀液量

部位	用量
上腹	1200ml
下腹	800ml
右侧	500ml
左侧	500ml
合计	3000ml

最大利多卡因允许剂量(45mg/kg)是：68×45＝3060mg。

这个剂量的利多卡因加入总量 3000ml 的生理盐水中，浓度为 1000mg/L。如果肿胀液全部注入，利多卡因的最大剂量为 3000mg。实际操作中，只有上腹部多纤维隔的敏感区域，利多卡因的浓度为 1000mg/L；而对于下腹部和侧面，含有 800mg/L 的利多卡因溶液是足够的。在 3000ml 肿胀液中，该方案的利多卡因总量低于最大允许剂量，即肿胀液的总量为 2800 ml，利多卡因的总量为 2440 mg，低于最大允许量（3060mg，表 7-4）。

表 7-4 实际注入的肿胀液及其浓度

部位	用量及浓度
上腹	800ml(1000mg/L)
下腹	200ml(1000mg/L)+800ml(800mg/L)
右侧	500ml(800mg/L)
左侧	500ml(800mg/L)

（七）术前用药和标记

手术当天受术者可以吃一些清淡的食物；也可使用镇静剂缓解焦虑和疼痛，通常用 1mg 劳拉西泮和 1 片 solpadol(500mg 对乙酰氨基酚+30mg 可待因)，这个量在手术中不会引起头晕眼花、恶心等副作用。然后受术者站立，用记号笔在皮肤上作标记，用不同的颜色画出手术的设计：蓝色或黑色的同心圆代表脂肪移除和塑形的部位，从这些圆形发出的直线代表移除少量脂肪；红色标记代表警示区域，比如瘢痕或者避免脂肪移除的区域；绿色标记为切口位置(图 7-30)。要将整个腹部作为一个美学单位，而不是简单地标记出局部脂肪堆积物的区域。医师和受术者的意见达成一致后，后者在准备间等候手术。

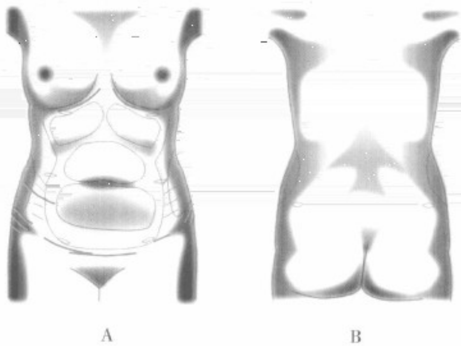


图 7-30 术前标记

红色标记表示瘢痕，或者该部位要小心操作，或者避免进行整形手术

（八）肿胀技术的实施

对于清醒者，实施肿胀麻醉的效果要充分，这样可以减少疼痛和不适的感觉，同时使用缩血管药物以减少出血。足量的肿胀液对于超声波能量传导和减少并发症(如烧伤和血清肿)是必不可少的。医师洗手、穿手术衣，用聚维酮碘消毒术区常规铺无菌单。在切口位置皮下注射 1%利多卡因和 1:200000 肾上腺素生理盐水混合液，用 11 号刀片切开 2～4mm 的小切口。肿胀液体注入前在温水浴中加热到 40℃，以阻止渗透过程中低体温和减少疼痛。溶液中肾上腺素收缩血管的特性足以克服使用温热肿胀液所导致的血管扩张。手术前的肿胀麻醉对于受术者来说会有轻微的不适，特别是在纤维隔较多的敏感部位(如上腹区、脐周围或者侧腹)。如果医师技术不熟练，有可能导致麻醉不完善。

不能为了减轻浸润过程中的疼痛而使用锋利的大孔径脊椎麻醉针，因为会有出血或者贯穿腹腔的风险。Mesorelle(r)多孔注射器(multi-injector)可以克服浸润早期阶段的不适。5 个 30G 12mm 针头安装在多孔注射器上，然后通过一个 Luer Lock 连接在渗透管上(图 7-31)。在敏感部位，浸润

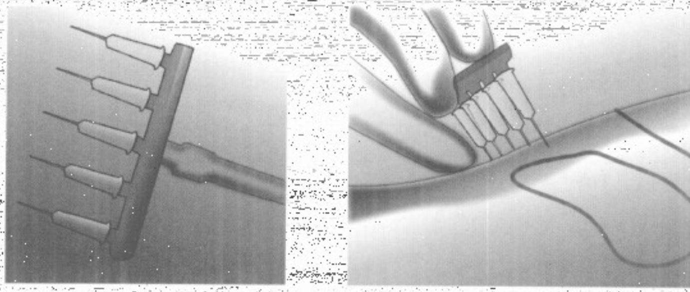


图7-31　多孔注射器在肿胀注射前注射

A．Mesorelle(r)多孔注射器安装有5个30G-12mm的针头，并且连接到渗透管上

B．在利用钝的套管进行肿胀注射前先进行皮下注射

之前可将200～300ml肿胀液体经皮肤注入真皮下。肿胀液通过管道利用低灌输率的动力泵或者利用三路龙头和20ml注射器输送，液体从悬挂着的液体瓶中流出，通过多孔注射器注射，而不使用泵。用30G针头注射几乎是无痛的，而且10分钟后，即使在坚韧的纤维性区域利用钝的套管进行的渗透也是容易忍受的。肿胀的渗透在深层次应该缓慢起始(100ml/min)，逐渐增长到可容忍的200ml/min，并且持续通过更浅层的脂肪，直到组织肿胀和结实。进行操作的手应该缓慢向前和向后移动，并且在每一层面谨慎地填充脂肪小叶；另一只手从表面触摸组织，对套管尖端的定位时刻保持注意。撤下套管后，缝合切口以阻止液体流出，从而防止脂肪隔的压力降低。

切口处缝合一个小口，为VAL做准备。浸润麻醉后，为使麻醉完善应等待25～30分钟，以使肿胀液在皮下组织内完全扩散。因为肿胀是暂时的，在乳化或者吸引脂肪之前，可以适量追加肿胀液以使皮下组织坚实稳定。

（九）利用VASER的手术技术

第三代超声技术(VASER)在设计和技术方面有了重要的改进，其乳化脂肪相对于传统的SAL技术有许多优点。

1 在吸脂前有一个额外的步骤，即用固体金属探针来乳化脂肪，因而保留了液体介质，可以保护组织免受过多超声能量的伤害。

2 探针直径很小(只有2.2、2.9、3.7和4.5mm)，并在远端有凹槽，这样超声能量能按照不同的比例从探针的尖端和侧面传递，而比例取决于所使用的探针上的凹槽数量。这样使用的能量少于传统设备所要求的能量，而脂肪组织的乳化效率更高。

3 传递给组织的超声能量被选择性地给予在肿胀液中浸润的脂肪小叶，这样可以将组织基质、淋巴管、神经和血管的伤害降到最小，使患者(尤其是腹部整形术之后)承受较少的瘢痕、肿胀和疼痛，更容易恢复。

4 VASER系统可以脉冲或者持续地传递超声能量。脉冲传递称为VASER模式，每秒钟传递10个能量迸发，并且减少了传递给组织的绝对能量。这对于脆弱组织或者表皮手术中减少烧伤、血清肿等并发症的发生是有益处的。

5 VASER系统抽吸套管的孔洞小于标准脂肪抽吸术套管的孔洞，这样可以减少乳化脂肪及吸引过程中对组织的撕扯和伤害。抽吸套管头上的小孔洞也使得抽吸物容易从管道中流出，这被称为VentX作用。

应根据吸脂的组织量和所处部位的松软度选择合适的VASER探针(表7-5)。由于纤维隔少，

表 7-5 根据脂肪体积和组织密度选择 VASER 探针

密度	Volume	探针	模式	能量
柔 软	very large	4.5 mm(两凹槽)	连续	70%～80%
柔 软	medium-large	3.7 mm(三凹槽)	连续	70%～80%
柔 软	small	2.9 mm(三凹槽)或 3.7 mm(两凹槽)	连续或脉冲	70%～80%
少量纤维	medium-large	3.7 mm(两凹槽)	连续	80%～90%
少量纤维	small	2.9 mm(三凹槽)或 3.7 mm(一凹槽)	连续	80%～90%
较多纤维	medium-large	3.7 mm(两凹槽)或 3.7 mm(一凹槽)	连续	80%～90%
较多纤维	small	2.9 mm(三凹槽)	连续	80%～90%

故下腹部通常较上腹部松软,在进行浸润麻醉时比较容易操作。通常下腹部选择 3.7mm 的三凹槽探针,在持续模式下用 80%的能量对脂肪进行超声乳化。超声波的能量由插入患者体内的探针传递,操作时会有轻微的噪声,但是患者不会感觉到不适或者疼痛。手术时动作要轻柔和仔细,在腹部用力适中地进行往复滑动,并用手进行温和而仔细的、较长往复的轻抚,就像大提琴手在拉弓一样。移动应该是优雅和持续的,没有扭转,而扭转会通过皮肤上的孔洞传导过多的热量,导致烧伤。尽管皮肤上的孔洞在一定程度上保护了切口周围的皮肤,但在超声波传递过程中,应将折叠两层的湿巾覆盖在孔洞附近,以保护皮肤免于接触探针。探针应该和皮肤平行,并由另一只手引导。当探针轻柔地在脂肪内形成隧道时能感受到阻力,但这时不能停止探针按轨迹移动,要用操作的手抓牢并且推动探针。如果遇到过多的阻力,将超声能量提升到 90%,或者选择替代探针。深层和浅层的脂肪被乳化,剩下至少 1cm 的浅层脂肪来支持皮肤和产生光滑的效果。全下腹可以通过比基尼线下、垂直于腹直肌侧缘的两个小的入口来处理。继续进行乳化,直到操作部位感觉不到阻力为止。每 100ml 肿胀液体的渗透通常要求 60～70 秒的超声波持续传递。对于上腹部的处理,入口应置于乳房下皱襞处,与下腹部切口一致;或者在肋缘处,使探针容易到达肋骨上、肋缘下以及脐上的脂肪。如果发现在手术中不折弯探针建立通道是困难的,要立即设置额外的切口来保证一个完整的治疗。用长的 VASER 探针相互交叉的方法被用来在同侧和对侧乳化脂肪,这对于获得光滑的效果是很重要的。除了乳化所有标记区域的脂肪外,还要较少程度地乳化边缘区域的脂肪,用以在轮廓之间创造光滑的过渡。一旦脂肪乳化作用完成,皮肤上的探针被移开,一个大小合适的抽吸套管被插入。通常情况下,较小的套管不太可能形成脂肪抽吸术后的缺陷和不规则。

使用 3.7mm 和 3.0 mm 的 VentX 套管,这种套管的孔洞直径小于 3.0mm 和 2.4mm 的 Mercedes 套管。乳化脂肪的吸引术简便而且要求很小的力量,操作的手呈放射状地向前和向后移动,就像车轮的辐条;而另一只手固定套管尖端上部的皮肤。

连续抽吸中,间歇性地进行捏挤试验,以评估对称性和脂肪层厚度的减少,并在手术中仔细检查,当达到预期的脂肪吸取量和体形轮廓的改进时,手术就结束了。有时候,如果抽吸物变干、流血,或者受术者感到不适,在手术结束前就要求更进一步的肿胀。一旦完成一个审美单元,就要改变受术者的位置,重新抽吸并且重新开始肿胀渗透。一般把腹部看作是一个美学单位,并且很少单独处理上腹部或者下腹部,通常还要同时处理腹外侧部,以达到更好的形体重塑。这可以通过手术过程中的肿胀麻醉实现,受术者首先取仰卧位置,然后改为俯卧位置,以进一步重塑和调整处理部位。当所有的部位处理完后,要按摩腹部或者像挤牛奶一样驱赶出体内的肿胀液体,并在皮肤上的切口放置引流管。

术后要进行无菌包扎，并且要穿特别设计的修身弹力衣，比如 Marena Comfort Wear(r)衣服。这种衣服要非常适体，不能有皱褶，以免压皱皮肤。不要在弹力衣下使用包扎或者泡沫敷料，但可使用大的一次性的纸尿裤，用来吸收最初的渗出液，并且在最初几小时内按需更换。

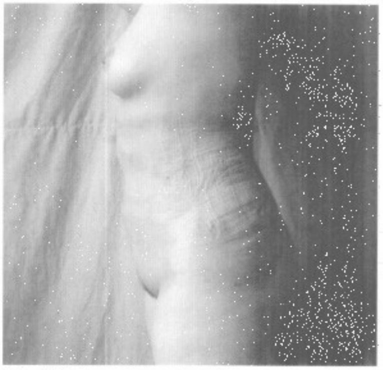
（十）术后护理

术后，受术者在门诊休息 1～2 小时，可进少量清淡食物。如果生命体征平稳，可以在朋友或亲属的陪伴下回家。肿胀麻醉的镇痛作用会持续数个小时，而后用口服止痛剂镇痛。抗生素如头孢氨苄，用药 5 天；镇痛药如曲马朵，用药 3 天，但是通常不需要。嘱受术者在 24 小时后除去包扎敷料进行清洗，并更换敷料。然后穿上弹力衣，每天 24 小时，共持续 2 周；然后减为每天 12 小时，再持续 2 周。应给予受术者详细的术后护理指导手册。

受术者在术后 7 天、6 周和 6 个月后复诊。轻度的皮肤和软组织肿胀、淤血和硬结是正常的，可以通过从术后 2 周开始、持续到 6 周的手动淋巴排污或者 Endermologie TM 过程缓解。建议受术者 2 周内避免剧烈活动。尽管 VAL 后的结果可以在术后 1 周看见（图 7-32），但是最终的结果要到 4～6 个月后腹部皮肤完全收缩后才能看见。



A



B

图 7-32　VAL 的术后效果

A. 术前　B. 上腹部到下腹部脂肪抽吸术后-11 天

对于外科医师和受术者来说，局部肿胀麻醉下的腹部塑形是安全和令人满意的。在门诊，不需要使用镇静药物或全身麻醉就可以完成手术，而且并发症少、痊愈较快，尤其是 VASER 的应用，使创伤更小，操作更简便。这里需要注意的是，由于是在门诊实施手术，医师应该在慎重选择受术者的同时更加注意向其说明术后护理的细节，以达到最佳的手术效果。

五、锚样腹壁整形术

腹壁整形术的目的在于通过皮肤和皮下组织切除术与增强肌肉-腱膜结合的方法重塑腹壁形态。从美容角度考虑，腹壁整形术要尽量避免脐周或脐旁瘢痕的出现，但是，术后腹壁中央会留有条状瘢痕，对上腹部的皮瓣进行塑形可能会导致不良的外观，从而影响美容效果。许多肥胖症患者在减肥治疗后体重明显减轻，但是在脐上留有瘢痕。简单的横向切除术无法获得良好的体形重塑。

锚样(anchor-line)腹壁整形术包括切除（或垂直或平行）脐中央或者旁边的瘢痕，并且通过垂直切口和水平切口，尽可能地切除多余的腹壁皮肤，最终形成了锚样的瘢痕。

（一）历史

Weinhold 可能是第一位实施联合水平切口与垂直切口的腹壁整形术的医师。Dufourmentel 和 Galtier 也介绍了联合水平切口与垂直切口的手术方法。Castanares、Goethel、Barraya 和 Dezeuze 在 1967 年也描述了类似的方法。Regnault 最近报道了通过改进 Castanares 技术进行的 fleur-de-lis 腹壁整形术，这种手术方法可以在减肥后体重大量减轻的患者身上进行，而且切口隐蔽、瘢痕少。

（二）手术适应证

应该对受术者的全身状况和局部条件进行检查，以评估其是否可以进行手术，并选择合适的手术方法。

全身检查包括年龄、饮食习惯、酒精摄入量、术前体重波动史、吸烟史、妊娠史，是否患有肥胖症、糖尿病、肺和心血管疾病，是否患有下肢血管栓塞以及新陈代谢综合征等。新陈代谢综合征是指中度肥胖，伴有甘油三酯高、高密度脂蛋白低、高血压或空腹血糖水平高，近年来被认为是心血管疾病的多元危险因素。术前的药物史须详细记录皮质类固醇、免疫抑制剂和抗凝血药物的使用情况，包括是否有药物过敏史。

同时应记录受术者进行整形手术的理由。功能性的理由是日常活动的限制、体态的改变、后背疼痛、腹部皱褶处的皮疹等，美学相关理由包括身体不对称、无法穿着合体的衣服等。

局部检查包括多个方面。首先要求受术者站立，从正面观察，评估外形、皮下脂肪和脂肪的比例、对称性、质量、脂肪分布、细纹、皮肤松弛的程度和位置、脐的形状和位置。对瘢痕要特别注意，因为以前的腹部外科手术必定会削弱皮肤血供，因此要对瘢痕的位置、长度、宽度和收缩作精确的分析。从侧面观察，在垂直的角度评估腹部皱褶的侧面程度（图 7-33）。评估肌肉-腱膜系统松弛程度的简便方法是让患者弯腰（潜水员检测）（图 7-34）。

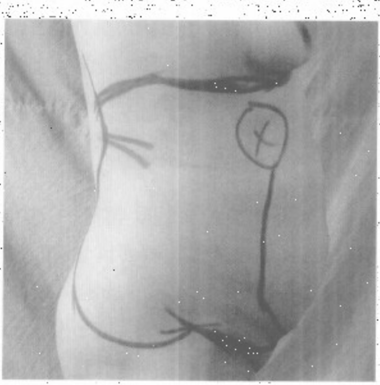


图 7-33 评估腹部皱褶的侧面程度（直立姿势）

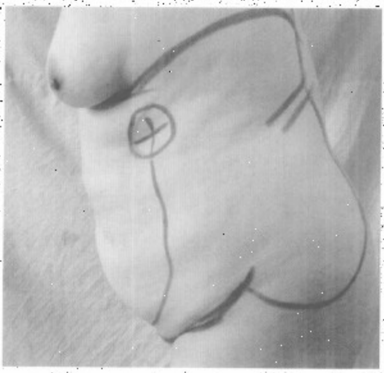


图 7-34 术前进行潜水员检测

标准的摄影文档是外科手术前评估所必需的部分。

然后在仰卧位对受术者进行触诊。要注意监护，并且要评估腹内器官，尤其要考虑到腹壁皮下组织的厚度、分布、数量以及腹部肌肉的舒张程度，还要注意有无疝和包块。评估疝的有用的策略是使受术者咳嗽或者保持鼻子和嘴闭合，进行强制性吹气。通过触诊受术者从枕头上抬起的头和触诊脚趾来观察其肌肉的舒张程度。通过水平和垂直地挤捏其腹壁可以更好地评估皮肤的松弛程度（图 7-35）。



图 7-35　术前评估皮肤的松弛程度

腹部检查的第二个步骤是叩诊，它可以用来评估有无包块和确定腹部膨胀是由充满气体的脏器还是积液引起的。听诊内脏的声音和传播是腹部临床检查的最后一步。

当对受术者进行腹壁整形术时，手术前的研究检查要常规进行，尤其是以前进行过减肥手术的患者，应适当控制他们的血清蛋白和血糖水平。ECG 和胸部 X 射线是常规的手术前检查。

对腹壁疝患者实施腹壁电脑断层 X 线影像检查或者磁共振成像。有初期的或者周期性腹疝或者慢性阻塞性肺部疾病的患者要进行肺功能检查。对某些特殊病例，要进行血液学、内分泌学或者心理学会诊。

以上检查可以确认腹壁整形术的适应证，特别是在腹壁畸形的基础上确认适当的治疗方法。关键点如下：

1 当计划实施腹壁整形术时，脐中间或者脐旁的瘢痕提示有着严重的问题。外科医师可能要面对提高的腹部皮肤和皮下组织瓣等问题，皮下组织瓣可能含有之前外科手术损伤的血管。

2 当实施一项不切除脐上瘢痕的典型腹壁整形术时，上段皮瓣的改善是非常有限的，并且容易导致不良的美学结果。在这种病例中，中间的瘢痕在张力下就像一根绳子。

3 实施过减肥手术的患者，往往有大量多余的腹部皮肤。

锚样腹壁整形术为克服以下问题提供了机会：①如果腹外侧面的血管受到保护，腹部皮肤和皮瓣的坏死是不可能的。在这个过程中切开是有限的，通常不支持对腹外侧面区域同时进行脂肪抽吸，以避免伤害腹壁血管。脂肪抽吸术仅仅用在腹外侧面有大量脂肪堆积的选定区域，在抽吸过程中要多加小心。②锚样腹壁整形术意味着对脐中间或者旁正中瘢痕的切除（或者垂直或者短的水平），以改善瘢痕不美观的拉伸的外观。③切除物的上部包括了大面积的腹壁，这对于腹部严重下垂者尤其有益。侧面的皮肤脂肪切除术可减少腰的周长，并能改善前后的轮廓。

每当需要同时进行腹部和妇科手术时，垂直和水平的切除方式特别有益，因为它使进入腹腔的通路变得方便。这对于周期性切口的疝气也同样有效。

腹壁畸形要进行合适的治疗，在确定具体的腹壁畸形的时候，每一个因素都承担着重要的角色。因此，准确地选择受术者是设计正确的外科技术的基础。

（三）血管解剖

Huger 研究了腹壁血管的解剖，并将它分为三个主要区域（Huger Ⅰ区、Ⅱ区和Ⅲ区）。

Ⅰ区相当于腹部的中间部分，腹壁上动脉和腹壁下动脉的分支分布于其中，使其富含血管。这些分支在腹直肌前鞘处汇合。Ⅱ区相当于腹下区，由旋髂浅动脉、腹壁浅动脉和一些来自于邻近部

位的腹壁下动脉穿支动脉供血。Ⅲ区包括腹外侧面，由来自于腹壁肌穿支、肋间和腰部动脉的分支供血。Ⅲ区负责在锚样腹壁整形术中增加的腹外侧面皮瓣的血管生成。当这些腹外侧面的分支充足起来时，在垂直切口和水平切口的交叉处皮肤坏死的风险就不会增加。

（四）手术过程

术前灌肠，放置导尿管。下肢穿弹力袜，以防止静脉停滞；并施以低剂量的肝素钠，以预防深静脉血栓形成。一些首席专家，包括2006年美国国家质量论坛（National Quality Forum，NQF）、美国大学胸内科医师学会（American College of Chest Physicians，ACCP）和美国结肠、直肠外科医师学会（ACRS），推荐使用预防深静脉血栓（DVT）的方法（表7-6）。

术前标记包括直立状态下，标记出从剑突到耻骨联合正中线；仰卧状态下，标记出较低的水平虚线加上较高的直立的中间三角形。这种标记包括了脐上的瘢痕（图7-36），与传统的设计不同，虚

表7-6 DVT预防指导

在普通外科患者中可能减少DVT风险的因素	更快速地活动 更广泛地使用血栓预防 围手术期护理的其他改进
2004年ACCP指导方法	腹部外科手术后的DVT预防① 对于较高风险的普通外科患者（60岁以上接受较小范围外科手术或者有其他危险因素的患者，或者40岁以上接受较大范围外科手术或者有其他风险因素的患者），推荐LDUH（5000 U每日3次）或LMWH（>3400 U每日）（both Grade 1A）② 对于伴随多重危险因素的较高风险普通外科手术患者，建议药理学方法（如LDUH每日3次或LMWH>3400 U每日）与GCS和（或）IPC（Grade 1C+）联合运用③ 对于高风险的普通外科患者，包括接受重要癌症外科手术的患者，建议出院后使用LMWH
2006年NQF对接受腹部外科手术患者的概述	外科手术患者建议进行静脉血栓栓塞预防 外科手术患者在术前24小时和术后24小时接受适当的VTE预防
增加普通外科手术患者DVT风险的因素	在年老和体弱患者身上实施更广泛的手术 临床手术前化学疗法的使用 较短的住院时间导致较短的预防持续时间

注：①腹部外科手术被认为是普通外科手术的一部分。
②LDUH：低剂量未分离的肝素；LMWH：低分子量肝素。
③GCS：渐变压缩长袜；IPC：间断性充气压缩。

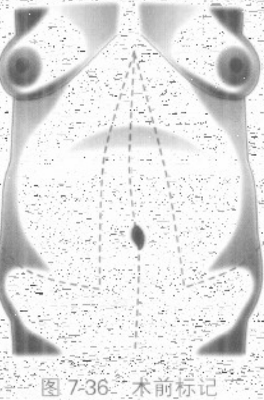


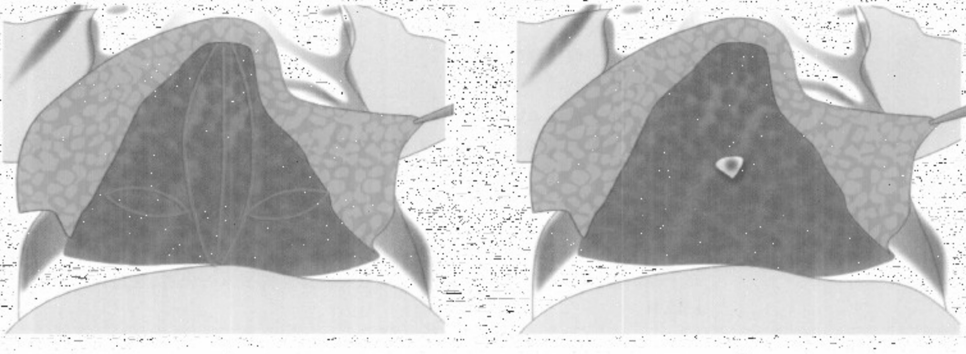
图7-36 术前标记

线的上部分向下倾斜到脐下方。用这种方式，最终的缝合切口线会位于耻骨上皮肤自然皱褶中。受术者仰卧位时，通过横向提拉腹壁皮肤确定切除皮肤的量。缝合张力不能过大，以避免阴毛线提高。

沿着手术前的画线切开皮肤和皮下组织。脐被放置于一个三角形里，分离并保存脐与腹部筋膜连接的蒂。

通过筋膜前平面的锐性分离，保证了腹外侧面皮瓣血管的血供。应较少使用腹外侧面肌皮穿刺器，并且小心不要损害微管供给。正如在其他位置观察到的一样，由于与传统电切割电流相关的血清肿的发生风险较高，因此不鼓励使用传统电切割电流。超声仪器或者新的电烙术设备附带有限的热损伤，可以作为一种有效的替代物。

然后实施腹直肌鞘的折叠缩短术。在大多数情况中，这种手术切口是垂直的，有时是垂直和水平的，取决于肌肉腱膜的松弛度（图 7-37）。



A　　　　B

图 7-37　整体皮肤脂肪切除术

A．腹直肌、腹外斜肌筋膜行折叠缩短术前　B．折叠缩短术后

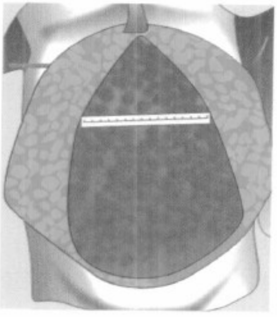
腹部肌肉-腱膜层的加强可能意味着两侧斜肌的肌肉筋膜瓣的平均提升。在这种情况下，要沿着以前的腋窝线切下筋膜，并且肌肉也被切开，保存基本的肋间血管，以允许皮瓣的平均提升。此外，腹外斜肌要置于与两侧旁正中褶平均的位置。折叠缩短术要用非吸收缝合线，比如 1-0 缝线。

在腹部切口或者复发的腹股沟疝气中，一种聚丙烯缝线网孔被置于腹膜前位置。有时候，由于腹膜受到之前外科手术的损害，这种网孔被用在深部腹直肌筋膜（图 7-38），之前被切在一个三角形里的脐被安置在腱膜上。

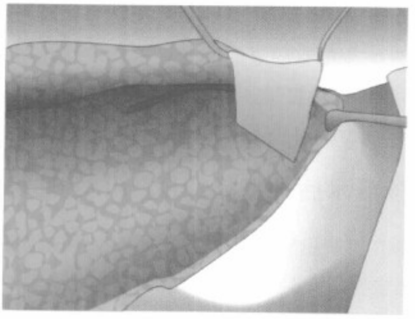
在脐的解剖位置上，侧面的皮肤脂肪瓣被提高，接近平均位置。在中线开两个斜的切口，就像一个 Y 形，并且脐被缝合在里面，这样就获得了一个形状自然的脐。

术后放置两个引流管，一个在脐上的位置，另一个在脐下方。在提高腹部皮瓣并开始缝合前，手术台要弯曲成 30°，以释放缝合线的张力。通过可吸收的聚乙醇酸和随后的连续皮下尼龙缝合线，可达到近似皮下的效果。腹部用棉-毛绷带包扎，弹性的压力包扎使用在术区。术后卧床 48 小时，然后可以穿着弹力袜进行床旁活动，以预防血栓栓塞。受术者在护士的指导下在床上活动下肢，并使用抗生素（头孢菌素），直到引流管被拆除。术后第一天要进行全部血细胞计数。手术后经常发生暂时肠梗阻，而且不能进食。腰带要佩戴 1.5 个月；术后头两周，要日夜佩戴腰带。

锚样腹壁整形术通常和其他腹膜外或者腹膜内的手术结合进行，主要是腹股沟疝整复术或者



A



B

图 7-38　聚丙烯缝线网孔的安置
A. 上腹壁切口疝　B. 耻骨弓上切口疝

胆囊切除术。和其他外科手术联合进行时必须考虑到较高的术后并发症的风险，这取决于联合进行的手术的类型。当脐在先前的外科手术中破坏时，就要进行脐成形术。在新肚脐的位置标记一个2cm 的圆，切开一个近赤道的切口，获得两个皮瓣，下皮瓣被脱脂，而且被缝合在下层的筋膜上。伤口通过二级愈合痊愈后产生一个自然的、像脐一样的瘢痕。

六、腹壁整形术的并发症

腹壁整形术后的早期轻度并发症有缝合脓肿或肉芽肿、伤口开裂、表皮脱落，可以通过局部处理获得二期愈合，不需要二次手术。使用新型敷料有助于伤口愈合。

有统计表明，超重或者极度肥胖的患者术后血清肿的发病率较高，而间断缝合能够降低血清肿的发生率。在一项回顾研究中，Kim 发现腹壁整形术是否联合腹外侧部的脂肪抽吸对血清肿形成的影响不显著。可在超声波引导下将血清肿内渗出物用注射器吸出，外用弹性敷料加压包扎。

腹壁整形术严重的早期并发症是皮肤坏死和脐的消失。皮肤坏死易发生于垂直切口和水平切口的交叉处。坏死界限清晰后可进行手术清创，并根据缺损的程度通过局部皮瓣或者皮肤移植来修复。用局部皮瓣修复腹壁皮肤坏死会导致一个较长的切口瘢痕。脐的消失要行脐成形术。

血肿是外科术后的一个常见并发症，早期确诊极其重要。在临床上，循环总量减少、局部肿胀、淤血斑以及贫血症状常提示血肿形成。超声检查可早期有效地确认术后血肿形成，一旦临床症状出现，就要立即进行超声检查。

感染是严重的并发症，尤其是多重耐药性的细菌感染，应进行药敏实验和细菌培养来选择有效的抗生素。严重的情况下需要做局部的清创，创面负压引流是一种有效的方法。

腹壁整形术最严重的早期并发症的是肺栓塞，这可能与腹直肌筋膜的折叠缩短程度有关。腹直肌前鞘折叠缩短能够引起腹内高压，进而引起静脉循环减慢并导致深静脉血栓形成（DVT）。但是，深静脉血栓性静脉炎和肺栓塞是比较少见的并发症。

远期并发症包括瘢痕不对称、瘢痕增生、脐错位、阴毛提升、痛性神经瘤和“猫耳朵”畸形。手术修复取决于患者的愿望和缺陷的严重性。

术前的全身性疾病是引起并发症的另外一个重要因素，吸烟、糖尿病、高血压和哮喘可显著提高并发症的发病率。减肥术后出现营养不良的患者可能会发生贫血。肥胖仍是腹壁整形术伤口并发症的已知危险因素，肥胖对于腹壁整形术伤口并发症的发病率有深远的影响。

最近的研究报道了腹部整形术中局部和系统并发症的发生率情况，并与以前报道的并发症进

行了比较。这项研究指出，虽然腹部整形的技术和相关的吸脂技术有了明显提高，但是其局部和系统并发症的发生率没有明显的改变。

绝大多数可进行腹壁整形术且存在脐中线或者脐旁瘢痕的患者，应该考虑锚样腹壁整形术，特别是在同时进行腹内手术的情况下。

七、腹壁整形术后并发症的预防和处理

虽然医师在行腹壁整形术时采取了各种预防措施，但术后并发症依然时有发生，引起患者不适、伤口延迟愈合、行二次手术，严重时可危及患者的生命。医师必须全面掌握并发症的预防、诊断和治疗方法，并在术前向受术者交代清楚。

（一）不对称

如果术前标记不准确，会导致术后两侧不对称的发生，所以，术前应该准确标记出脐和耻骨中点的连线。如果腹壁脂肪过多，耻骨中点可以通过以下方法确定：观察耻骨前阴毛的结合点或者铺开阴毛寻找毛发的方向，根据毛发偏向中线的两边来定位。

术前标记出横向腹部切口线，两侧离中线的距离应相等，侧面延伸线的远点距髂嵴的距离应相同。

两侧切取多余皮肤时应该以皮肤张力来判断需切除的皮肤总量，这可以避免一侧皮肤的过度松弛。

（二）出血（淤血、血肿）

血肿可出现于任何手术后。如果术后不久腹壁出现有波动感的肿胀，医师就要仔细检查并及时进行引流。血肿形成早期由于血凝块的原因很难充分地引流，几天后，纤维蛋白沉淀物和渗出物容易抽吸出来。如果血肿没有被吸出，淤血中的血浆样液体会慢慢地变成典型的浆液，并且形成假性囊肿。出血较多时要考虑通过手术探查清除血凝块，结扎出血点。Mohammad 报道称血肿的发生率为 9%。

伤口出血比隐匿性出血易于观察，有时利用弹性敷料、卧床休息和冰块就可控制出血。如果发生持续性出血，就必须进行手术探查，开放伤口，清除所有的血肿，结扎或者电凝出血点后再闭合伤口。放置或不放置引流均可，但是放置引流管或者引流条会更安全。

体位性低血压的出现应该是补液不足或者体液丢失过量的先兆，即使没有明显的伤口流血或者扩大的血肿，也可能是失血过多引起的。如果血红蛋白（Hgb）和血细胞比容（HCT）和术前比较有20%的下降，就需要输液补充血容量。

（三）伤口裂开

腹壁整形术后伤口裂开通常发生在切口张力最大的位置，位于耻骨区两侧皮瓣的结合点附近。早期皮肤灰暗，然后变黑坏死，缝线失去作用而导致伤口因张力裂开。张力过大的皮肤缝合会导致血管因牵拉而痉挛和栓塞，皮肤因失去血供而发生坏死；通常伤口不会被拉开，因为侧面的缝合能保持伤口的对合。

其他的相关原因包括吸烟、控制不佳的糖尿病、潜在的血肿或者血清肿以及患者过多的活动。许多医师是在患者胸部和腿相互靠近的状态下有张力地缝合伤口，医师希望患者能保持这个姿势几周，但是听从这些指导的患者通常很少，因为事实上不可能长时间保持这种姿势，尤其是伴有背部疾患的患者。

对伤口裂开的治疗应该保守，允许伤口坏死组织缓慢脱落。如果张力过大伤口不能缝合，应通过二期愈合使其痊愈，但通常会形成一个轻微变宽的瘢痕，如有必要可以二期修复这个变宽的瘢

痕(如果患者不满意其外观)。

(四)"猫耳"畸形

横向较低的腹部伤口的闭合起始于中线,以适当的位置放置新的脐,然后从两侧开始缝合伤口,这样可以使大部分伤口的侧面区域有一个平整的外观。如果在"猫耳"经常形成的区域有过多的脂肪组织,应该在闭合前就予以切除。

很多时候,小的"猫耳"在3个月内不作任何治疗也会消失。若其持续时间长于3个月,可在局麻下在一个椭圆形中切除。大的、全层的"猫耳"可以通过脂肪抽吸和切除处理。

(五)持续性水肿

组织水肿持续超过3个月,保守治疗无效时,要考虑进行二次脂肪抽吸术。但是,脂肪抽吸术要保守,并且要准确判定是水肿还是残存的脂肪,因为过度的脂肪抽吸会对皮肤或者伤口造成伤害。

(六)感染、败血症

任何清洁手术都有可能发生伤口感染,发生感染的情况占到门诊手术的1%、住院手术的3%。如果患者正在使用抗生素而出现伤口严重红肿,则要增加剂量或者更换抗生素。密切观察伤口的感染,如果抗生素治疗无效可能预示早期的坏死性筋膜炎或逐渐发展成致命的中毒性休克综合征。除了伤口和血液培养外,还要进行血细胞计数(CBC)。

(七)坏死

有长期吸烟史,或者以前进行过大范围的腹壁脂肪抽吸术的患者,有可能发生皮肤坏死。有的患者不顾医师的警告依然大量吸烟,术后皮肤坏死会扩展至全腹部。

未控制的糖尿病、较大张力的缝合伤口、血肿或者血清肿形成以及感染均会导致皮肤坏死,并和坏死的程度密切相关。如果患者先前有一个横向的上腹部瘢痕(比如胆囊切除术、胃切除术、脾切除术),由瘢痕、腹部中线和牢固牵引的腹部皮瓣形成的三角区域极易引起感染,除非在旧瘢痕和横向闭合线之间的范围足够大,使得三角形里有血管分布。在皮瓣闭合上安排较少的张力是有益的,这样可以伸展血管,而且不会形成血栓。有时,使用不同类型的切除术对于阻止坏死来说是必要的,但通常意味着增加一个垂直的中线瘢痕。

清创术后最好采取保守治疗,允许伤口通过二次愈合而痊愈。皮片移植将会缩短愈合时间,但是伤口不会充分收缩以减少瘢痕的面积。即使整个下腹壁都有坏死,在伤口完全愈合和收缩后,瘢痕小得令人惊讶。对于宽的或者不对称的瘢痕来说,瘢痕修复通常是必须的。

(八)坏死性筋膜炎

链球菌感染或者混合厌氧型感染会造成坏死性筋膜炎,导致皮下血管(包括进入筋膜和肌肉的血管)的血栓形成。治疗上应当采用清创术,选用敏感的抗生素。当感染控制和创面肉芽组织形成后,可进行植皮手术。

(九)进一步手术的需要

在腹壁整形术后出现不对称、不规则、"猫耳"、坏死、皮肤切除不足、明显的瘢痕(瘢痕增生或者瘢痕疙瘩)、脐狭窄时需进行进一步的手术。如果患者过度肥胖,术中无法一次性切除时,应该告知患者需要进一步脂肪吸除术的可能。

(十)穿孔

实施腹壁整形术的同时通过不打开疝囊进行浅层筋膜缝合修复脐疝或者腹壁疝有可能引起肠穿孔。腹部中线是由数毫米厚的筋膜和腹膜构成的,通过腹直肌鞘的缝合可以加强腹壁强度,但是在这个部位进行缝合容易造成腹腔穿孔。

术后患者出现严重的腹痛或者持续而剧烈的疼痛时应该仔细检查,以在较短的时间内排除内

脏穿孔。X 线检查可以帮助鉴别诊断。

穿孔一旦确诊，要立即进行手术。术前应用抗生素者要排除多重穿孔的可能，在彻底冲洗腹腔后闭合任何肠穿孔，这会阻止严重感染的发生。

（十一）复发

有两种情况可以导致术后复发，一是腹壁整形术后体重增加导致的腹部肥胖，二是腹壁整形术后怀孕而引起的肌肉拉伸、皮肤松弛。这可能需要再次的手术治疗。

（十二）腹壁突出

一些患者腹壁肌肉非常松弛，即使进行筋膜修复，仍存在腹壁突出的倾向。这可以通过腹外斜肌腱膜结合及缝合腹直肌前鞘来改善。

（十三）瘢痕形成（变宽、增生、瘢痕疙瘩）

在腹壁整形术后，因为需要有张力的缝合来获得平坦的腹部，这会造成较宽的瘢痕。6 个月后腹壁张力减轻后，可以进行瘢痕切除。

某些个体倾向于形成增生性瘢痕，黑人、亚洲人和西班牙人的发病率是 15%。有各种各样的治疗方法，而且通常是联合使用。增生性瘢痕可以不治而愈，而瘢痕疙瘩经常复发。

（十四）感觉缺失

脂肪抽吸术与腹壁整形术同时进行时常会发生腹壁感觉缺失。这种感觉改变是暂时的，可以不治而愈。

大腿侧面皮神经的损伤已见报道，这可能导致大腿前面、侧面和后面永久的感觉缺失。如果找到神经末端可以进行神经缝合，但这种手术必须早期进行，以获得良好的效果。通常，感觉缺失不会发生在妨碍正常行动的区域，而且经过一段时间后，患者会习惯于感觉缺失。

（十五）血清肿

腹壁整形术后使用引流通常可以防止血肿，但是不能防止血清肿的形成。从剑突到耻骨面积较大的皮瓣在运动时组织相互摩擦容易产生渗出，如果渗出局限，可以吸出液体，并加压包扎；如果不能解决问题，可以在液体吸出后注射空气以填满腔隙。这种方法患者痛苦少，并可免于二次手术。

（十六）皮肤凹陷性瘢痕

如果腹壁整形术中没有切除足够的皮肤或者横向切口瘢痕与下面的筋膜发生粘连，会出现皮肤凹陷性瘢痕的情况。这需要通过切除多余的皮肤和（或）松解皮肤粘连来矫正。

（十七）栓塞

进行任何手术都有发生静脉血栓的危险，这对于整容手术来说尤其重要。整容医师必须注意每一位受术者血栓栓塞的可能性，并应该仔细查看病史以发现发生栓塞倾向的风险因素；还应该注意肺部栓塞的临床表现，以作出及时诊断。

1 危险因素　对大于 40 岁的没有额外危险因素的受术者实施小于 30 分钟的小手术和对小于 40 岁的没有额外危险因素的受术者实施简单的手术是低风险的手术类别。对超过 40 岁的受术者实施的持续时间超过 30 分钟的普通手术和对口服避孕药的 40 岁以下的受术者实施的手术是中等风险的手术类别。高风险手术主要是对超过 40 岁，近期有深静脉血栓或者肺部栓塞、恶性肿瘤腹部手术和下肢较大的整形手术的患者实施的手术。

有患病倾向的危险因素包括年龄超过 50 岁、恶性肿瘤、肥胖、有血栓栓塞病史、静脉曲张、近期实施手术和有血栓形成倾向。这些风险随着麻醉持续时间和类型、术前术后固定、水合作用水平以及败血症的出现进一步加重或缓解。

同增加的风险相关的医学难题包括急性心肌梗死、脑卒中和瘫痪。雌激素治疗和妊娠是常见的风险因素，不常见因素则包括系统性红斑狼疮、肾病综合征、炎性肠部疾病、真性红细胞增多症、持续血小板增多、突发性夜间血红蛋白尿和遗传因素（如抗凝血酶Ⅲ缺乏、蛋白C缺乏、蛋白S缺乏、血纤蛋白溶解酶原催化剂缺乏和同型胱氨酸尿症等）。

小腿浅静脉血栓症、邻近的深静脉血栓症和致命的肺部栓塞发生率的提高，使风险类别升高。

2 临床表现　浅层血栓性静脉炎（红肿的静脉）表现为红色、脆弱的线状组织。深静脉血栓症与休息时或者仅在运动中水肿阻塞静脉的末梢相关。最初的表现是肺部栓塞，以后出现末端压痛，而且皮温升高。足部自发的背屈阻力或者疼痛增加和（或）触诊时小腿压痛是有用的诊断标准。

肺部栓塞通常有三种临床模式：①突发呼吸困难，没有其他症状；②突发胸膜炎的胸部疼痛以及和胸膜渗出或者肺部粘连有关的呼吸困难；③伴随心肺功能障碍和全身低血压的突发胸部不适和呼吸困难。症状有时还包括发热、心律失常或者顽固性充血心力衰竭。

3 诊断　双重超声波检查可以很好地诊断深静脉血栓。双重超声波联合实时超声图像可评估血流的脉冲门控多普勒。其他的诊断检查包括X线静脉造影术、放射性核素静脉造影术、放射性核素标记的纤维蛋白原检查、超声波检测法和电阻体积描记术。液晶状体热敏成像法检测皮肤温度的升高，是超声波检查或者电阻体积描记术的有用辅助。

通气-血流灌注肺部扫描（VP扫描）是一种诊断肺部栓塞的安全、灵敏的方法。放射性核素肺部灌注扫描（Q扫描）包含放射性核素通风扫描（V扫描），更具有特异性。可通过肺部动脉造影术最后确诊，而VP扫描可以高度确定。动脉血气特征性地表现为PaO_2和$PaCO_2$下降，而心电图显示心动过速，可用来排除心肌梗死。胸部X线可以显示肺底膨胀不全、渗透、胸膜渗出或者心脏扩大。

4 预防性治病　低风险的普通手术患者，在手术后早期下床活动，并在足够的加压中被施以循序渐进的长筒袜压迫；在手术中，保持膝盖在枕头上弯曲的状态，而且在腿的任何部位避免局部压迫。如果存在任何低风险因素，所有的患者都接受相同的治疗。弹力长筒袜（20～30mm）的加压在手术室使用已足够，而且使患者在别人的帮助下可以很早下床活动。当患者每天开始有规律的活动时，长筒袜就可以取下。

对于中度风险的患者，建议使用低剂量的肝素（手术前5000 U，每8～12小时5000U，直到可以走动）、低分子量的肝素（LMWH）、葡聚糖或者阿司匹林。或者在手术中开始使用循序渐进的弹力袜，或者进行间断的充气压缩，也可联合使用这两种方法，一直用到可以走动为止。

对于高风险的患者，应该使用低剂量的肝素或者LMWH和药理、机械结合的方法。

葡聚糖能导致心脏负荷增加，而高剂量的阿司匹林（每日1000～5000mg）对于组织深静脉血栓症的效果是有限的。在整容外科中，阿司匹林或肝素的使用会导致术后出血。

对于低风险整容外科患者，最好的预防方法是机械方法，包括膝盖弹力袜和早期离床活动。对低风险患者，膝盖应该轻微弯曲，并且避免手足的压迫。

5 遗传的高凝固状态　应该评估血栓症、早期或复发的血栓症、异常位置的血栓症或者华法林诱导的皮肤坏死家族史的患者有无潜在的遗传性高凝固状态。

抗凝血酶Ⅲ（AT-Ⅲ）是肝素的辅助因子，可以使肝素抑制主要凝血因子Ⅱa、Ⅸa 、Ⅹa、Ⅸa和Ⅻa。AT-Ⅲ的缺乏会造成许多凝血因子的失活，所以容易使人罹患血栓症。

内皮表面具有被称为血栓调节蛋白的受体，因为它具有中和凝血酶的能力，可以作为抗凝血剂起作用。凝血酶-血栓调节蛋白复合体激活蛋白质C，蛋白质C是依赖于维生素K的因子，可以被蛋白质S（另一种依赖于维生素K的因子）活化。活化的蛋白质C和S使活化的凝血因子Ⅴ和Ⅷ（即FV和FVⅢ）发生新陈代谢，这会导致凝血系统下调。蛋白质C缺乏的患者可能会周期性地发

生浅层血栓性静脉炎和血栓栓塞。蛋白质S缺乏的患者可经历更多的动脉血栓栓塞，包括脑卒中。蛋白质C或S的缺乏可能表现为新生儿紫癜或成人华法林诱导的皮肤坏死，华法林已知能引起蛋白质C和S的突然下降。

研究表明，每1000个人中就有1个人发生静脉血栓栓塞，其中有活化的蛋白质C抗性（APC-R）的人占64%。APC-R是由于编码FV的基因发生一个单独的点突变引起的，这种突变的FV称为factor V leiden（FVL）。FVL不能被APC有效降解，导致高凝血状态，从而这造成了终身的、较高的血栓症和血栓栓塞的风险。

有APC-R的无症状患者从来没有发生过血栓栓塞事件，但这些患者应该接受关于诊断含义的劝告和关于静脉血栓栓塞症状的信息。当遇到高危险的环境比如瘫痪、手术、创伤或产科手术，应该考虑用肝素短期预防。血栓形成后，这些患者需要长期的抗凝治疗，以降低流血的危险和停止治疗后复发的危险。在两次发作血栓栓塞后，根据经验治疗要至少持续一年；而在三次发作后，要终身治疗。

（十八）中毒性休克综合征

金黄色葡萄球菌和A组链球菌属引起的感染可引起外毒素分泌，最终可能引起中毒性休克综合征。诊断标准对于治疗潜在的致命性疾病很重要，包括：①发热（体温高于38.8℃）；②皮疹（弥散的、有斑点的红皮病）；③脱皮（手术后1～2周，特别是在手掌和脚底）；④低血压；⑤涉及三个或者更多的器官系统，如胃肠（早期呕吐、腹泻）、肌肉（肌肉疼痛、升高的CPK）、黏膜（结膜、口咽）、肾脏（BUN或肌酸酐高于正常水平的两倍）、肝脏（胆红素、ALT、AST高于正常水平的两倍）与血液；⑥以下检查中（如果可得到）的阴性结果，包括血液、喉咙或脑脊液（CSF）系列，血清学检测洛矶山斑疹热、细螺旋体病及麻疹。

治疗包含坏死部位的清创术、抗生素的应用、呼吸系统护理、针对弥散性血管内凝血的抗凝剂治疗和免疫球蛋白。实验方法包括抗癌抗生素坏死因子单克隆抗体和血浆去除术的使用。

（十九）脐狭窄

腹壁整形术后在脐周围的瘢痕挛缩并不少见。在腹壁整形术中，有多种不同的方法被提出用来进行脐重建，以阻止狭窄。脐狭窄可能引起慢性炎症和引流，引流是需要处理的。同时，狭窄的脐看上去不是一个正常的脐。脐狭窄可以实施狭窄重建手术。

（二十）脐偏离正中或者丢失

术前要评估脐背离中线的偏差程度，如果存在偏差，要向患者指出，与患者讨论并记录在病历上。在手术时，可能需要修正偏差。脐附近的在偏离相反位置的筋膜重叠会将脐置于中心位置。

腹部中线必须在术前标记。脐应该穿过腹壁，在合适的高度，并在标记的中线上。偏离中线的脐能引起患者的痛苦，并且导致诉讼。

当实施改进的腹壁整形术而不释放脐时，脐通常会因为多余皮肤的切除而偏离到较低的位置。在术前要告知患者这个问题，因为较低的脐看起来不太正常，尤其是身着泳装时。正常的脐和髂嵴应在同一水平线上。

当在腹壁整形术中剥除了脐茎所有的脂肪时，不应该干扰血供，因为它会穿过下面的筋膜。然而，改进的腹壁整形术中，脐的蒂部被切断，进而位置变低。如果在改进的腹壁整形术后进行完全的腹壁整形术，血供可能不足，而且有可能发生脐的坏死。内科医师应该通过以前的外科病例，事先注意之前进行过腹壁整形术或者缩腹术的患者，以发现这种可能的问题。

腹壁整形术后的脐坏死主要发生在吸烟者身上，因为吸烟会影响脐或者脐周围区域的血供。患者必须在手术前至少两周和手术后两周停止吸烟。声称会停止吸烟但是实际上继续吸烟的患者仍然存在脐坏死的问题。当手术后即使脐坏死很严重也很难阻止患者吸烟时，医务工作者要通过

每一次交谈、电话和建议来改善这种情况。

手术后，医师应该根据手术的范围、患者的年龄，在适当的时间间隔检查患者。发现并发症的早期症状对于及时作出诊断是必不可少的。要进行适当的研究，并尽快开始治疗，以避免危险甚至危及生命的问题。

如果主治医师很难对并发症作出诊断，就要尽早进行会诊。医师应该对在患者身上实施的手术富有经验。当需要时，出现任何重要或危险的问题必须传达给内科医师并做好记录。

（Melvin A. Shiffman　李学拥　徐晓丽　袁琪琴）

第四节　上臂形体塑造

一、概述

女人会因为多种原因要求进行上臂外形的修正，男人在少数情况下也会追求上臂外形的修正。一些人要求修正上臂外形可能是由于上臂的粗细随着体重的增减而波动，这种情况在大幅度减肥后更多见，此时皮肤伸展，不能恢复到先前的样子。皮肤质量的变化与年龄的增长相关，甚至遗传因素也能导致上臂皮肤呈现下垂松弛的外观。锻炼可以改善潜在的肌紧张，但不能使失去弹性的多余皮肤恢复紧致。如果有脂肪沉积在上臂，但没有皮肤松弛，那么锻炼后的体重减轻可能有助于减少上臂沉积的脂肪，从而改善外观。上臂形体塑造中切口长度和切口位置的改变，结合小吸管抽脂，使得并发症风险大大下降，而且上臂畸形也可以通过手术成功矫正。

（一）对患者的询问

基本问题，诸如年龄、身高和体重当然是必须询问的。更详细地询问体重增加和减肥模式将有助于评估上臂外形不良的原因。患者经常增肥和减肥吗？患者曾经的最大体重是多少？在什么时候？在过去的5～10年，患者的最低体重是多少？在进行提议的手术之前，需要失去所有的目标体重吗？患者的母亲也有类似的问题吗？

（二）对患者的普遍提问

1 患者为什么要手术？患者的期望是什么？

2 有药物过敏的历史吗？抽烟与否？患者在术前至少必须禁烟两周。是否有糖尿病或高血压？是否处于良好的药物控制之下？有无心脏病史？目前适合手术吗？

3 目前的药物使用情况如何？有无服用能稀释血液的物质？

（三）与患者的沟通

与患者的讨论有助于术式的选择。

1 饮食和锻炼情况　有些患者可能没有皮肤松弛，也可能最近出现体重增加，导致上臂的一些膨胀。体重减少时，进行或者不进行锻炼，都能改善上臂的外观。

2 抽脂　有些患者体重正常，但是有在上臂处储藏脂肪的遗传倾向。这些患者可能仅需要抽脂，而无须进行皮肤切除。肤质良好但是在上臂有显著脂肪沉积的患者适合进行单纯性吸脂。为了获得外观光滑的皮肤，用于上臂吸脂的抽脂管必须很小，移动脂肪使其接近表面，同时可促进一些皮肤的回缩。然而，必须小心、不要让抽脂管的开口紧贴着皮肤的下表面，否则可能导致轮廓畸形。

PDG

最好在肘前折叠的中间或者侧面末端、腋窝折叠的上端和下端处，为插管作小的切口。建议使用较小的抽脂管，通过肘部的中间切口和腋前线末端的上部进行上臂中间区域的抽脂，然后在肘部的侧部远端和腋窝的下末端进行后外侧区域的吸脂。

注意，很少有必要在肘前或者二头肌区域、二头肌沟前面吸脂。如果非得这么做，必须非常谨慎。前臂区域恰好位于肘窝的远端，经常含有脂肪，这里可能需要作为一个独立的区域进行吸脂。

超声辅助吸脂法一直被一些医生倡导，以达到更多的皮肤回缩，但是在肘部内侧区域周围吸脂必须小心，避免对尺神经造成损伤。一些新的方式，如射频设备，能在较低的水平加热真皮，从而促进胶原蛋白重组，能相应地使真皮紧密，帮助肌肤紧致；新的激光也通过相似的方法加热真皮胶原蛋白，而没有破坏皮肤，同时促进皮肤紧致。

一种新方法是使用激光辅助在内部溶解脂肪，随后从处理的区域抽吸出来。人们认为该方法能使皮肤变得紧致而同于单独使用常规的吸脂。

3 短瘢痕手术　一些患者上臂邻近区域的大部分皮肤松弛，可能适合较短的垂直瘢痕，在腋窝区域进行或者不进行皮肤切除。女性患者为了穿无袖或短袖上衣时感觉舒适，对于保持尽可能短的瘢痕垂直区域尤其感兴趣。当分离的过剩皮肤出现在上臂近端 1/2～1/3 处时，可采用这一方法。对少数患者，可单独通过腋前线皮肤切口，轻微地勒紧邻近松弛的皮肤（图 7-39）。

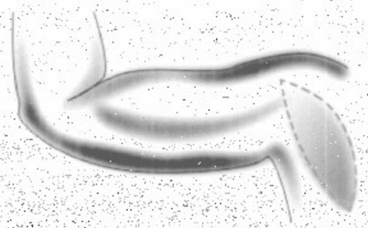
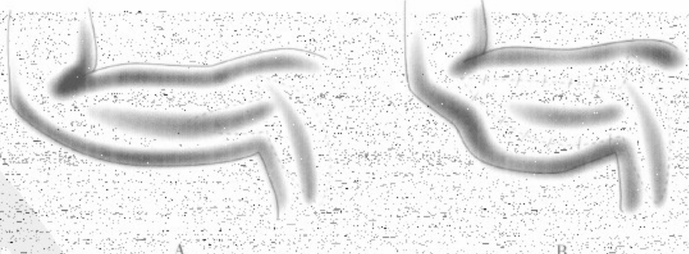


图 7-39　单独通过腋前线皮肤切口，轻微地勒紧邻近松弛的皮肤

4 短水平瘢痕结合腋窝皮肤切除　将水平瘢痕与腋窝皮肤垂直切口结合，从而使上臂尤其是近端区域皮肤紧致。增加这一步骤有一些其他优点：汗腺与皮肤以及毛囊一起被部分或者全部切除，因此出汗不再是问题，而且可能不需要削刮腋窝。

当垂直腋窝切除结合水平椭圆切除时，远端部分的垂直切除比邻近部分短，所以在切口缝合后，腋窝的后缘被缩短，从而纠正或者改善了腋窝皮肤的松弛（图 7-40）。



A　　B

图 7-40　当垂直腋窝切除结合水平椭圆切除时，远端部分的垂直切除比邻近部分短，所以在切口缝合后，腋窝的后缘被缩短，从而纠正或者改善了腋窝皮肤的松弛

5 长的水平瘢痕　当发现皮肤松弛波及整个上臂长度时，那么需要从肘部和腋窝的末端开始切除皮肤。如果设计的皮肤切除位于肱二头肌沟长轴的中央，那么瘢痕将位于肱二头肌沟处（图7-41）。一些医生认为，沿着上臂的后缘切除，最终的瘢痕最不明显（图7-42）。

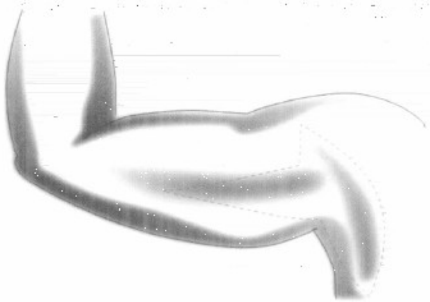
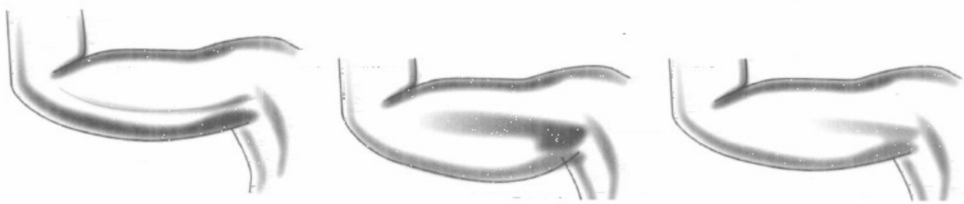


图7-41　如果设计的皮肤切除位于肱二头肌沟长轴的中央，那么瘢痕将位于肱二头肌沟处



A　　B　　C

图7-42　沿着上臂的后缘切除，最终的瘢痕最不明显
A. 肱二头肌沟瘢痕与后缘瘢痕相比　B. 手术前　C. 手术后

如果腋窝皮肤松弛，那么将切除延伸到腋窝，包括这一部位的过剩皮肤。实际上，对于一些过度减肥的患者，皮肤切除也可能有助于前外侧胸壁的紧致。

与患者进行各种手术的讨论，最重要的是解决最终瘢痕的性质和程度，以及是否需要进行修正。这方面的讨论非常重要！

（四）患者的评估

检查时，患者应该仅仅穿着内衣，这样能够检查到整个上臂和腋窝区域。患者应该保持前臂垂直，上臂水平，并在这一位置进行术前和术后照相。要查明畸形是遗传性的还是获得性的，是全身超重还是脂肪单独沉积在上臂区域。这样，可以对吸脂作用进行正确的评估。

腋窝有过量的脂肪和皮肤者，可以在手术期间矫正。作为上臂整形术的一部分，这一区域必须加以讨论。

轻轻牵拉和捏夹上臂皮肤，以评估脂肪含量、皮肤松弛程度。然后采用同样的方式检查腋窝。

评估采用的步骤（由Sacks分级制修改）如下：

1 通过捏夹试验，如果上臂处存在1～1.5cm的过量脂肪，但是肤质良好，那么可以考虑单纯抽脂。

2 如果腋窝皮肤过剩的部分超过2～3cm，那么应该考虑切除腋下多余的皮肤。

3 如果上臂皮肤过剩的部分超过2～3cm，那么有必要进行水平切除。

4 如果上臂皮肤过剩的部分超过 3cm，那么可能必须在肘部进行长的切除。

5 如果上臂过剩的皮肤超过 5cm，那么必须进行腋窝切除和水平切除，这样能够切除过量皮肤的更多近端部分，加入腋前线切除。由于仅仅需要水平皮肤切除，这一模式在这一区域不需要限制(图 7-43)。上臂处大量过剩的皮肤通常也伴随腋前线皮肤过剩。

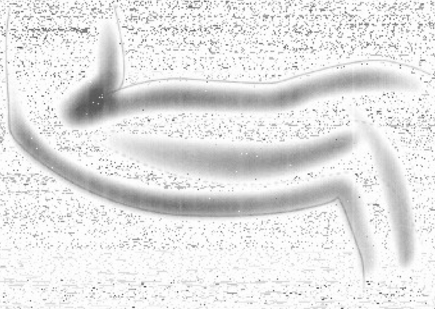


图 7-43　切除腋窝下方的皮肤

6 通常，腋窝皮肤和前外侧胸部皮肤比较松弛，以至于切除的部分需要向外延伸，需要将腋窝上方的区域作为完整的椭圆形切除掉，但是，有些情况下，仅仅需要切除腋窝下方的皮肤(图 7-52)。

可以想象，这些长的瘢痕在愈合后很可能挛缩，在腋窝处设计一些释放性的 Z 成形术进入切口可能很重要(图 7-44)。

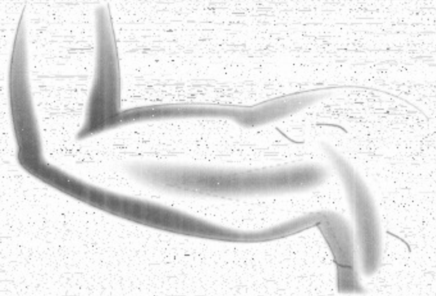


图 7-44　长的瘢痕在愈合后很可能挛缩，可在腋窝处设计一些释放性的 Z 形切口

（五）其他手术考虑

1 为了准确排列水平切口，沿着图案的上下边界垂直标记应该在术前进行，以便于伤口愈合。

2 没有必要破坏皮瓣，除非无法进行缝合。使用小的抽脂管进行边缘吸脂，以减少皮肤张力。与激进的破坏相比，首选保持良好的血供；与侵略性的破坏相比，往往会选择保持具有良好的血液供应的边缘。

3 如果不能确保无过度张力的缝合，第一步去除皮肤时不要切除过深的皮肤和脂肪。

4 为了避免损伤淋巴系统和前臂内侧皮神经，可对多余的脂肪进行开放性吸脂。前臂内侧皮神经紧邻肌间隔膜分布，在臂整形术期间有时会受损，尤其是进行深部切除时。对神经的损伤可能导致麻木或者复杂性局部疼痛综合征，需要数周的手康复治疗和(或)加巴喷丁治疗，对于有些患者可能需要几

个月的治疗。

5 Lockwood 认为上臂浅筋膜锚定到腋筋膜处，可降低瘢痕的发生率。

6 在上臂整形术中应进行闭式引流。

（六）术后处理

引流量下降到 25～30ml 以下时，使用闭式引流。

上臂用非黏附性泡沫加压包扎，以减少术后肿胀。将上臂抬高会使患者感到舒适。当泡沫在 1～2 周后移除时，再持续包扎几周。硅树脂薄膜也有助于改善瘢痕。患者可以恢复活动，2～3 周后，根据手术程度逐步增加锻炼。

Knoetgen 在 40 例上臂整形术并发症的研究中发现，同时进行吸脂和上臂整形术的患者没有出现并发症，这似乎表明吸脂对上臂整形术具有有益的作用，这很可能与吸脂后减轻了缝合张力有关。轻柔的小插管吸脂在一些上臂整形手术中可能会大大促进皮肤缝合，特别是存在皮肤张力的情况下。

（七）小结

近年来，上臂整形术已经成为一项常规的整形美容手术。只要医生对患者进行正确的评估，掌握目前可行的多种治疗方案的知识，就可以获得令人满意的结果，而且并发症很少。上臂整形术的并发症及其处理见表 7-7。

表 7-7 上臂整形术的并发症及其处理

小的并发症（大多数）	血清肿	多次抽吸
	肥大性瘢痕	按摩、硅凝胶薄膜
	蜂窝组织炎	口服抗生素
	皮下脓肿	切开引流
大的并发症（少数）	神经损伤	加巴喷丁、手康复

二、上臂鱼形切除整形术

在大量体重减轻后，上臂将产生多余的皮肤和软组织，形成明显的、难以隐藏的畸形。上臂整形术是直接解决这种畸形的一种手术操作方法，由 Correa Iturraspe 和 Fernandez 首次描述。美国美容整形外科协会报道，上臂整形术仅 2007 年就做了 21870 例，10 年来增加了 7 倍。一些上臂年轻化的外科技术也已有描述（表 7-8）。所有这些操作方法都是为了达到以下目标：切除皮肤和软组织；复位皮瓣，改善上臂外形，使瘢痕最小化。对于上臂存在大量皮肤和脂肪的患者，松弛和肥胖改变了常规的骨骼和皮肤的体表标记，因而难以确定一般的界限。术前，手术设计比较关键和复杂。术中，瘢痕的放置和切除的量对术后效果起着决定性的作用。最后，考虑患者的满意度，仍会遗留两个问题：瘢痕的长度和可见性；腋皱襞的解剖、外形矫正不佳，蹼状腋窝和变宽的瘢痕常常需要再次手术修复。

上臂鱼形切除整形术注意到了这些问题，并具有其他技术所没有的优点。术前对畸形精确地测量并标记，特别设计出切除鱼形组织来解决上述问题。患者活动的时候上臂后方的瘢痕能被更好地隐藏。本文讨论了其手术原则、主要的手术步骤（包括术前标记、切除、皮瓣形成）以及术后可能的并发症，详细描述了精确测量、解剖标记和手术操作方法。

表 7-8 上臂整形术技术发展

研究者	手术方法
Posse	椭圆切除
Correa Iturraspe and Fernandez	美学上臂整形术
Pitanguy	S 形切除
Franco and Rebello	L 形切除
Juri, et al	四边形皮瓣和 T 形闭合
Borges	W 形塑形
Goddio	上皮剥除和复位
Lockwood	筋膜悬挂
Gilliland	腋窝周围皮肤肿胀的上臂整形术
Hallock	同时进行乳房成形术和上臂整形术
Regnault	腋窝整形术
Strauch, et al	正弦曲线切除
Pinto, et al	模具
Temourian, et al	分类

（一）患者的选择

典型的患者表现为大量的蝠翼形松弛组织，从鹰嘴延伸到腋皱襞（图 7-45）。一些病例中，这些松弛组织还可延伸到侧胸部。理想的手术方法是去除多余组织，隐蔽瘢痕，使上臂外形良好，腋窝外观正常。如果出现瘢痕增宽和蹼状腋窝将严重影响手术效果。

鱼形切除整形术包括一系列步骤，通过解决两个主要问题——纵向瘢痕和蹼状腋窝，来确保更好的手术效果。术前需切除的标记是基于实际的测量而不仅仅是解剖学标志。切除范围的设计和精细的缝合将进一步提高美容效果，使上臂的外形得到更好的矫正。



图 7-45 大量的蝠翼形松弛组织，从鹰嘴延伸到腋窝皱襞

需要强调的是，适合鱼形切除整形术的大部分患者并不伴有胸部皮肤和软组织的松弛，对这些患者来说，切除范围必须延伸到侧胸部。而作为实施上臂鱼形切除整形术的理想患者，其蝠翼应当限于上臂。这个选择标准是非常重要的，否则胸部的其他畸形得不到矫正。

（二）术前标记

术前标记仍然是最重要的步骤，不可低估。术前最好留出足够的时间，以便进行完美的标记，一般需花费 15～20 分钟，可于术前一天进行，以便进行照相记录。其方法基于实际测量和解剖标

志，比仅依据解剖标志更为准确。通常，对于比较严重的上臂软组织松弛，恰当的皮瓣切除范围和解剖位置很难确定，作为体表标志的骨骼往往被脂肪和软组织覆盖，使解剖标志变得模糊。以下措施将为解决上述问题提供实用的指导方法。

1 标记侧中线　脂肪沉积和多余的皮肤通常很少影响到上臂的侧方。患者取站立位，上臂置于身体两侧，于上臂侧面画一条线，连接三角肌粗隆和肘外侧结节。该步骤简单容易，因为这种特殊标志即使在很严重的上臂松弛患者身上也明显存在。坐在可调高度的带轮坐椅上标记，对医生来说既可方便操作，又可减少弯腰，保护脊背。

2 标记鱼形切除的纵轴　术前标记这个轴的指导原则是最后遗留的瘢痕必须位于上臂的后中部，即在上臂内后方，二头肌和三头肌之间（中间沟）。这个设置是为了确保患者活动时，瘢痕不会位于比较明显的部位。为了确定纵轴，需按图 7-46 所示的方法进行标记。

首先，让患者将臂外展 90°，测量上臂最宽处的周长。然后，在距离侧中线约为所测周长 2 / 3 的地方作标记，即为鱼形切除术的轴心。于该点沿上臂长轴画一直线，这条线通常位于中间沟后方 3～4cm 处。沿此轴线能使瘢痕更好地隐藏在肱二头肌内侧沟内，使患者在日常活动中更不易见。

3 标记鱼形切除的范围并设计腋窝顶端　进行标记时，患者的上臂起初为外展 90°，最后转为 180°。加一面全身长度的镜子使患者也能参加这个过程。患者站立并使上臂外展，多余的皮肤和软组织可以自由悬垂下来。在图 7-46 中，上臂纵轴长的一些点代表鱼体的最宽部分，A1 和 P1 分别表示前方和后方。

4 修正　在测量最宽部位中，非常有必要进行简单的修正，因为皮瓣先天的厚度不同，并且还需考虑最宽处创面如何无张力缝合的问题。如果不把这些考虑在内，创面闭合时将会在切除处产生不适当的张力。通过修正可减少瘢痕的张力，缩小瘢痕的宽度。此外，这个测量方法防止了瘢痕的凹限，美化了外观。修正时会产生两个新点 A2 和 P2，通过拿捏皮肤，测量出皮肤的厚度（记为 F）。新位点 A2 和 P2 标记了鱼体部最宽部分（图 7-46）。

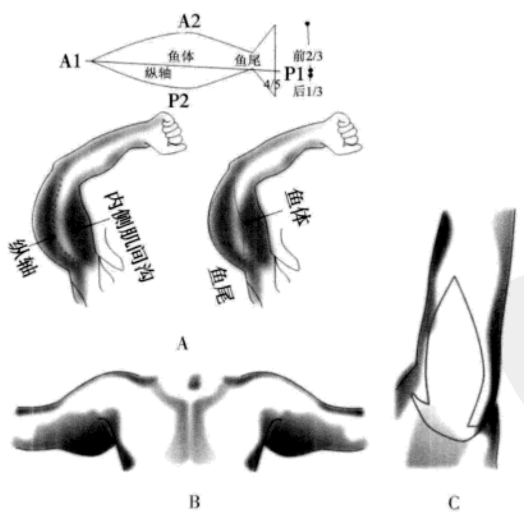


图 7-46　标记鱼形切除的纵轴
A. 标记时，注意将瘢痕的轴线置于中间线的后面　B、C. 标记完毕（为简单起见，清除了轴线的额外标记）

切除的长度取决于松弛的纵向长度，当患者上臂外展90°时可以很容易判断出来。大部分患者的切除范围都是从腋窝延伸到鹰嘴。

切除的尾部在腋窝皱襞；该线连接胸大肌外缘和背阔肌前缘越过腋窝处。这个测量的距离记为T。于前方标记一个2/3T长的线，后方标记一个1/3T的线(图7-46)。这样，鱼尾就标记完毕了。

将上臂松弛部分的远端和鱼尾部用椭圆形曲线标记出来，包括先前所标记的A2和P2点，鱼形切除术的标记就完成了。可以进行切除，在术中仅必要时才进行修正。切下的标本如图7-47所示。

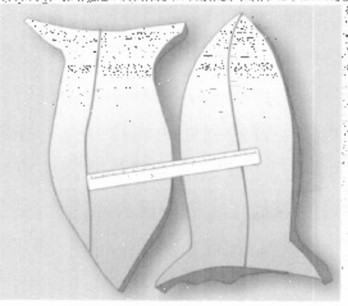


图7-47 标本

为使外观完美，术中可将手术台屈曲，患者取仰卧位和坐位进行检查。这样，术中如果有必要可立即进行修改。封闭创面需要特别注意。简单来说，有两个系统维持着上臂的皮肤和软组织的形状，其包括：①浅筋膜系统，从腋窝延伸至鹰嘴，并包裹皮下脂肪。这些脂肪连接至上臂的筋膜系统，形成胸锁筋膜和腋窝筋膜；②包裹上臂肌肉的肌膜层。细致地缝合三层，筋膜层用2-0可吸收线间断缝合，皮下层用3-0可吸收线埋入式间断缝合，皮肤用3-0可吸收线皮内缝合。这种多层缝合对减少瘢痕至关重要。皮下间隙里放置多孔引流管，上臂以弹性绷带包扎。应避免使用纱布绷带，因为其缺乏伸展性，术后易产生组织水肿。用弹性绷带包扎3周，期间患者不能提起超过2.5kg的重物并避免剧烈活动。术后表现出良好的美学和功能效果：臂围减小，瘢痕隐蔽，腋窝无蹼状畸形产生。图7-48展示的所有图片强调腋窝无蹼状畸形产生，重要的是，在活动时很少能看到瘢痕。

鱼形切除整形术为患者提供了一个框架，这些患者不需要对胸壁进行扩大切除。此处详述的手术步骤提供了精确的指导并且可进行额外的修正，允许对某些设计进行个人裁剪。基于简单的原则，易于应用。使用这些技术可以进行精确的术前设计，采用简明的方法来标记外科切除范围。

必须强调的是，世上没有万能的技术，外科医生必须灵活应用，并且需根据患者的具体情况进行修正。鱼形切除整形术不但能有效改善上臂的外形，而且还考虑到术后瘢痕的外观，防止腋窝蹼状畸形的产生和预防瘢痕变宽。术后瘢痕的位置位于后中部(而不是通常的中部)是出于对运动和活动的重要考虑，而且更不容易被发现。



图 7-48 术后效果

A、B、C. 术后表现出良好的美学和功能效果，伴有上臂体积减小，瘢痕处于最隐蔽位置，腋窝蝠翼完全消失；D、E、F、G、H. 因为瘢痕处于后中的位置，所以在日常活动中不易被发现，仅能在 H 图所示位置见到

（Melvin A. Shiffman 李学拥 蒋立 陈瑞）

第五节 臀部形体塑造

完美的形体塑造技术是整形医生经常要面临的挑战。根据种族和遗传因素，一些丑陋的形体会出现在各个部位，不同程度的解剖定位各有不同，而且超重甚至肥胖患者的形体畸形会更加严重。这些患者通常会尝试各种减肥方法，包括节食、减肥性按摩、使用苯丙胺类药物、锻炼等等，然而，大多数人对效果都不能满意，而且陷入了一个恶性循环，从而加重这个问题。

即使减肥成功，也会因皮肤和软组织松弛而告终。有些患者认为脂肪抽吸术比较神奇，可以解决他们所有的形体畸形问题。因此，整形医生必须告知患者脂肪抽吸术的局限性、风险和该手术的适应证。大多数患者表现出许多部位的形体畸形，不能在单次手术中被矫正，有些严重的畸形需要三次或者以上的手术才能矫正。鉴于此，医生设计了一种治疗计划，这种计划结合了多种形体重塑技术而不会增加手术风险。这个计划可能改变患者的体形（身体轮廓），帮助他们恢复自尊，并打破肥胖的恶性循环。

近 10 年来全球肥胖率已明显增长，而减肥手术也越来越多，因此，肥胖治疗后或者大幅度减肥的患者数量也增加了。最初的肥胖治疗后整形手术只是单纯切除多余的脂肪和皮肤，而不管最终瘢痕的位置，无视体形的美观和对称性，因此不能有效地改善体形。由于这类患者没有经验，他们对手术还是比较满意的。但是后来一些整形医生开始设计出新的手术，而且有时是对先前的手术过程的修改。这些改良后的手术都是遵循美容整形的原则，根据体形来选择切口，以获得最佳的对称性、形状和体积，从而达到一个美好的轮廓。

接受过减肥手术的患者比中度肥胖患者更难达到一个美学效果。为了实施手术，他们必须在

PDG

减肥手术后12～18个月之间保持体重稳定，他们必须处于良好的营养状态。当他们来到整形外科时，一些患者已经减去了大量的脂肪组织。在这种情况下，皮肤和皮下组织会非常薄，而且结缔组织与肌膜上的固定装置会极其松弛，这使得易于用挤捏的手法评估皮肤的切除量，并且易于控制出血。但是如果没有脂肪，几乎不可能塑造出一个完美的体形，并且在2个月后，拉紧的皮肤会变得松弛，组织由于失去了弹性也会变得松弛。这就是为什么接受减肥手术后的患者愿意选择实施环形脂肪切除术。接受减肥手术后的患者有着丑陋而不对称的瘢痕，完全缺乏女性的曲线美，没有丰满的臀部，而且一些患者在腹部会有多余的皮肤。不对称的或者错位的瘢痕可能是由于错误的设计导致的，这是因为固定缝合没有控制住极其松弛和虚弱的组织，如果在大腿和臀部仍然有多余的皮肤和皮下脂肪会显得更加严重。这就是为何在这种情况下医生必须按照体形的美学单元正确地设计，并且尽可能多地设置固定缝合。外科医生必须与肥胖症治疗医生和营养专家合作，在整容手术实施以前确保患者的体重和营养稳定，以获得手术的成功。肥胖治疗后体重稳定的患者的优势之一是他们的皮肤非常薄，因此通常会形成较不明显的、几乎不可见的瘢痕。

一、环形脂肪切除术的目的

外科医生试图用环形脂肪切除术达到以下目的：

1 提升和改善臀肌的形状、尺寸和皮肤结构，使它们看起来圆润和充满活力（图7-49）。

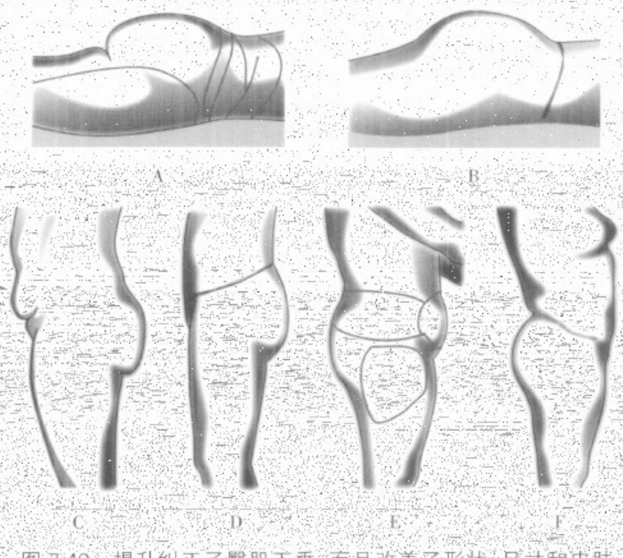


图7-49 提升纠正了臀肌下垂，而且改善了形状、尺寸和皮肤结构，表现出圆润和充满活力

2 提升大腿外侧，通过拉紧皮肤消除多余的脂肪堆积（图7-50）。

3 消除过多的侧面组织（图7-51）。

4 减少或消除中间和后背的脂肪、皮肤皱褶，因此减小了腰围（图7-52）。

5 必要时可减少腹部多余的皮肤和脂肪，使腹直肌和腹外斜肌变紧，从而改善腹部和腰部的形状（图7-53）。

6 打破肥胖的恶性循环。

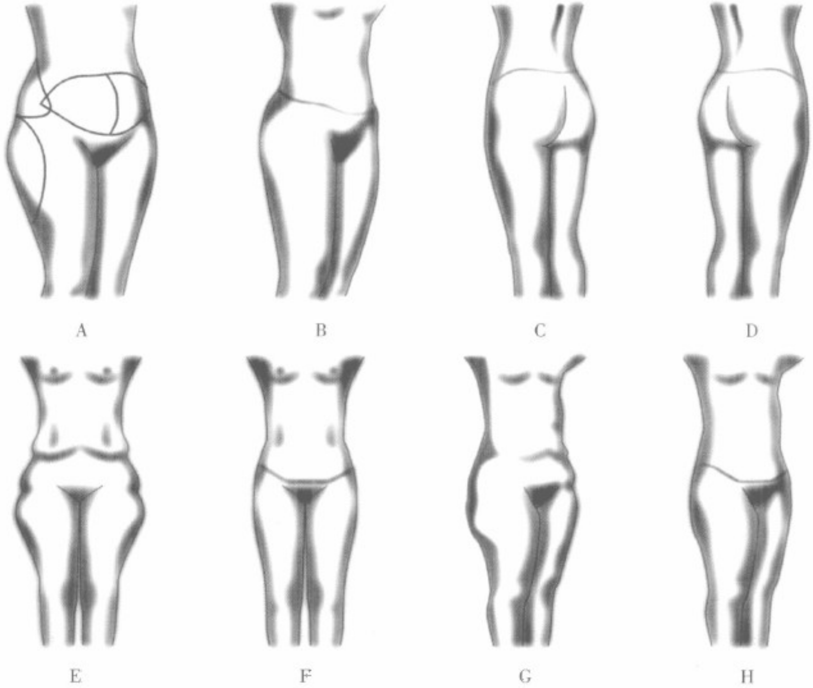


图 7-50　通过紧缩大腿侧面的皮肤，改善轮廓并消除脂肪团

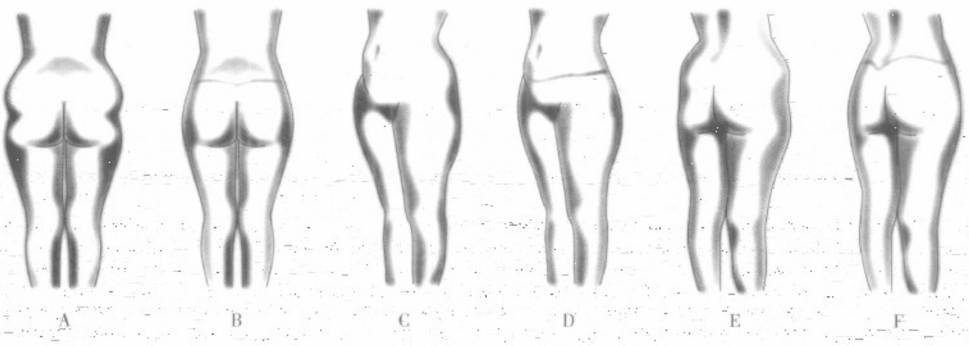


图 7-51　环形脂肪切除消除了多余的侧面组织

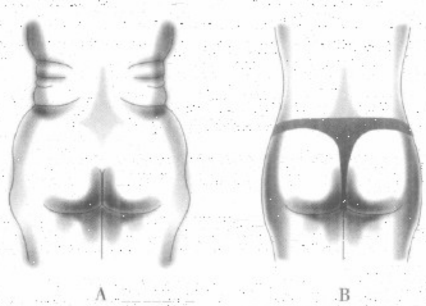


图 7-52　环形脂肪切除能减少或消除中间和后背的脂肪

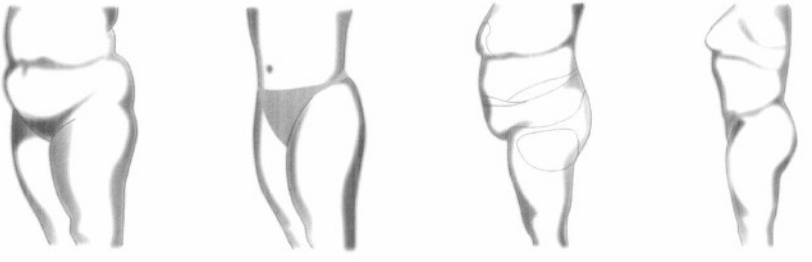


图 7-53 腹部和腰部的形状得到了很好的改善

7 遗留的环状瘢痕可以隐藏在皮肤皱褶处。这个瘢痕可以根据患者的着装习惯而设计，当然，也要考虑到体形的美观(图 7-54)。



图 7-54 瘢痕被放置在身体美学单位的限制内，可以被腰带隐藏

二、适应证

环形脂肪切除术适用于体形消瘦、正常或稍微超重的，有着松弛和多余的皮肤和皮下组织的患者，还适用于中度肥胖的患者，也可以用于提升臀部，以改善尺寸、形状和消除过多的脂肪堆积，而无须进行腹部整形术的患者(图 7-55)。外科医生经常将这种手术和乳房手术(乳房固定术或者隆乳手术)结合在一起，如果需要，也可以和臀部整形术结合起来。在实施减肥手术后的患者中，对将要矫正的区域进行编号并强制性制定手术计划，便于在安全极限内减少手术数量。

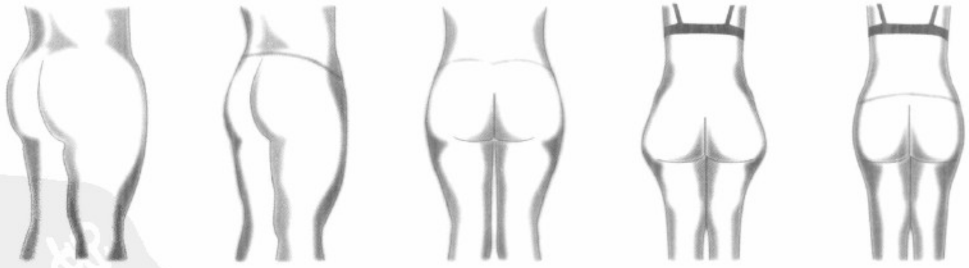


图 7-55 提升臀部，以改善臀部的尺寸、形状和消除过多的脂肪

（四）术前标记

患者站立位进行术前标记，画出需要进行脂肪抽吸术的区域。在需要切除的臀上和臀外侧区域（侧面）进行标记，然后在臀部中线较低的位置进行标记，高于臀间缝 3～5cm。描绘一个稍微上升的凸起线，直到臀肌中线，然后在这条线的末端沿着外侧臀上脂肪垫的下级边缘延伸，直到臀部外侧凹处的上缘。对侧也按相同的方法标记，形成一条海鸥翅膀形状的线（图 7-81）。较高的标记线位于中线处，在预期缝合线上高出 2～3cm。它起始于中线，通常高于切除部分的下极边缘 5～7cm，是轻轻上升的曲线，侧面的延伸正好越过外侧臀上脂肪附着处（侧面）。随后的切口始于中线，这里的皮下组织和浅筋膜系统更加松弛，这一点是非常重要的。在预期外侧面的缝合线要低于切除术上界的 5～7cm。一旦两条线都被标记，中线的垂直距离是 5～7cm，外侧面的垂直距离是 14～25cm（图 7-56）。在较瘦患者身上使用挤捏手法有助于标记。随后，按照惯例标记腹部整形术。描绘一条 10～12cm 的正好定位在耻骨上部的水平线，并沿着一条平行于腹股沟皱褶的上升线向旁侧延伸。较高的边缘是曲线，根据情况，上端（最低）位于脐之上，并且向侧面延伸，直到下缘线。对于每个病例，前位和后位的标记线以最方便的方法连接。

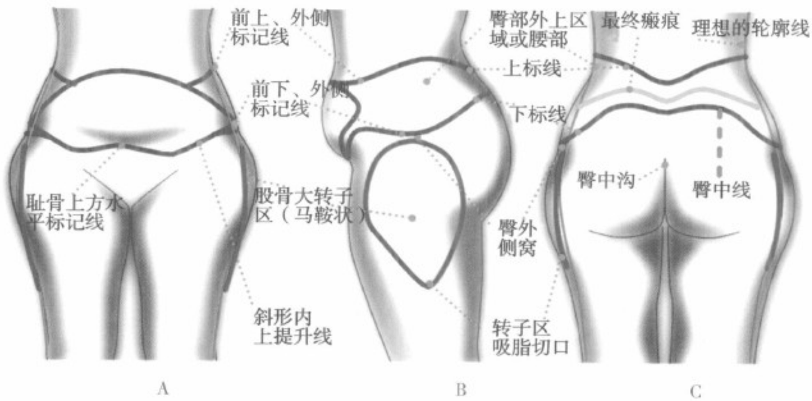


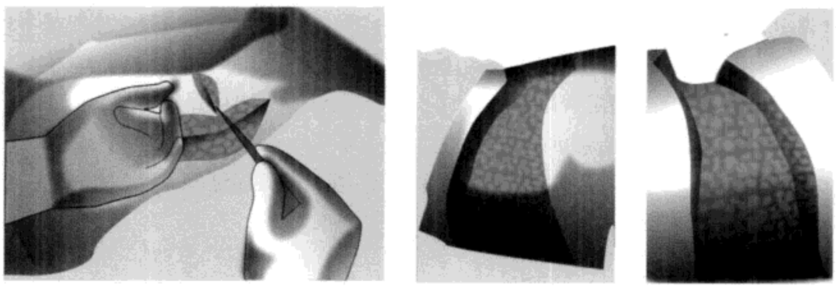
图 7-56　术前标记
A. 前面　B. 侧面　C. 后面

（五）外科技术

建立静脉通路，麻醉师实施轻度静脉麻醉，每 6 小时用 50μg/kg 咪达唑仑、1μg/kg 芬太尼、1g 头孢噻吩，每 12 小时用 50 mg 甲胺呋硫、5000U 皮下肝素。在侧卧位腰 2～3 水平引入硬膜外导管，在某些乳房手术同时实施的病例中，第二个硬膜外导管在胸 6～7 水平引入。放置导尿管，患者取俯卧位。

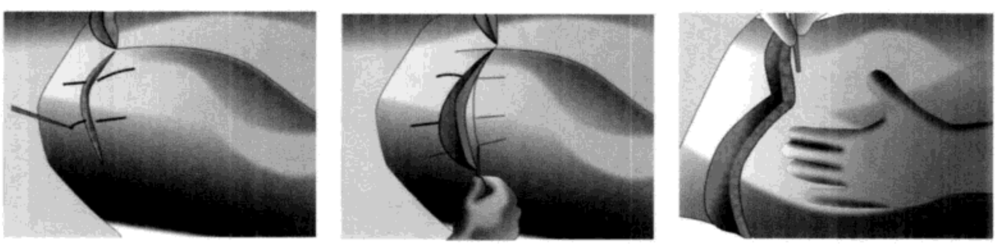
手术始于股骨大转子深度脂肪的干性脂肪抽吸术。如果不需要脂肪抽吸术，使用 4mm 套管，倾斜穿过定位在转子标记的下臀边缘 7mm 的切口来进行皮下剥离和释放转子区域，以促进提升。需要谨慎，不要伤害或危害到浅筋膜系统和大腿外侧皮瓣上缘的皮下组织的完整性，因为它们将要被用来闭合伤口。臀上和外侧臀上组织的切除始于臀部中线，把皮瓣切成两块，使易于皮下剥离和切除（图 7-57）。然后再沿着标记线的较高位置作切口，造成下面的或者低于标记线的从中间到外侧面的切口。整个厚度的皮下组织被切除，暴露出后背中间部分的胸腰筋膜和旁侧的背阔肌和腹外斜肌腱膜。皮下剥离的下端正是标记较低的水平。一旦完成皮下剥离和切除，为了确认切除是否

足够，在多个点建立提升的矢量并按照设计的方式进行标记，同时用手把下面的皮瓣拉上(图 7-58)。在适度肥胖的患者中，难以通过挤捏的方法确认将要切除的组织量，局部切除可以用来帮助皮下剥离和确定最终的切除量。在绝大多数患者中，组织切除量要大于原先的标记，因为一旦组织被切除，皮瓣置换就增加，以便于为上部皮瓣重叠到下部皮瓣提供一个更精确和充足的切除量(图 7-58)。这在侧腹部尤其重要，因为不进行充分的切除将不会矫正过多的脂肪堆积或者轮廓畸形。如果切除过多，伤口闭合将会变得困难，并且缝合处的张力可能会导致裂开或者增宽的瘢痕。



A　　B　　C

图 7-57　在臀部中线把皮瓣切成两块，使易于皮下剥离和切除

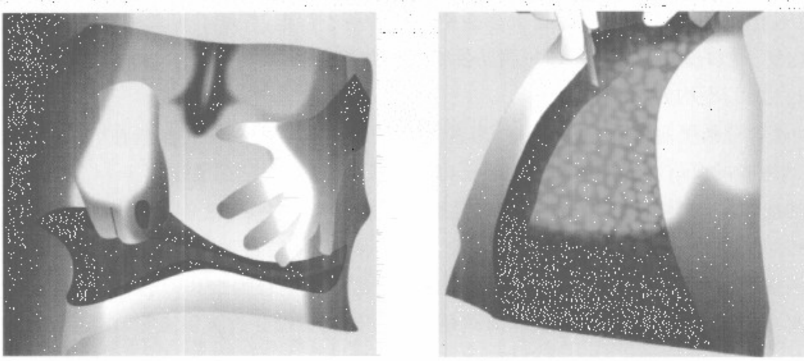


A　　B　　C

图 7-58　重叠操作可以达到更精确的切除

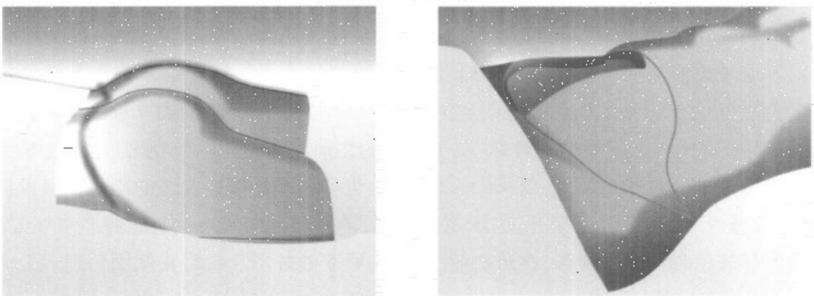
一旦切除完成，需要实施一个联合操作，转移上面和下面的皮瓣，以定义和标记大腿外侧和臀部提升的牵引轴。臀部的皮瓣被拉起越过胸腰筋膜，背阔肌的腱膜和腹外斜肌被拉至标记牵引和固定缝合线处(图 7-59)。

用 0 号单纤维丝线缝合封闭伤口。首先确定中线，固定位于皮瓣中线处带有足够浅筋膜系统的皮下组织，然后固定中线处带有足够胸腰筋膜的腱膜组织。沿着牵引固定缝合线，按照需要尽量多地缝合每一边，以便拉起皮瓣和降低皮下和真皮下的张力，有利于减少瘢痕形成。放置一个外径 2.5 mm 的多侧孔引流管。两个皮瓣的皮下组织用 0 号缝线缝合，缝合时要带有足够浅筋膜系统的皮下组织，然后缝合一些下面的肌肉腱膜，每一边缝合 10～12 次。再用 3-0 尼龙线缝合皮下层，这里不需要皮内缝合。臀部缝合结束后，将患者改为仰卧位，会在每一边遗留一个“猫耳朵”(图 7-60)。腹部整形术按照标记切除皮肤。当需要时，腹直肌就像腹外斜肌一样有皱褶(图 7-61)。逐层闭合伤口，而且放置引流管。在手术结束时，患者穿着一个带有肩带的弹力腰带，以便在步行时悬挂起臀部。如果有需要，可在病房留观一晚，并接受输血。可在次日早晨开始步行，在中午拆下弹力腰带。术后第六天拆除引流管和脐部缝合线，并且接受检查。术后第一个月每周都要进行检查，一年



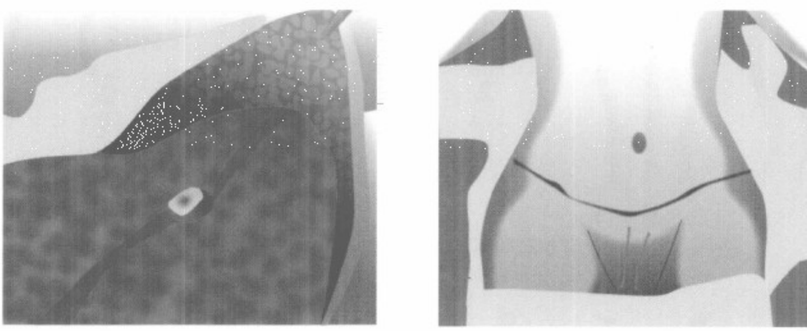
A B

图 7-59 臀部的皮瓣被拉起越过胸腰筋膜，肌肉被拉至标记牵引和固定缝合线处



A B

图 7-60 臀部缝合后在旁边遗留的"猫耳朵"



A B

图 7-61 腹直肌的皱褶显著改善了腹部轮廓

中每个月都要接受检查。

（六）并发症

在过去的 10 年中，在大腿外侧和臀部提升术中，实施环形脂肪切除术的患者超过 100 名，没有发生重大的并发症。所有的患者恢复很快，在术后第二天就可以下床活动，穿着弹力腰带使臀肌提升。一些患者表示有腰部疼痛，但是这种疼痛并不影响他们的行走。因为消除了多余的皮肤和脂

肪皱褶使体重减轻和周长减少，使得大多数肥胖患者易于行走。在所有患者中，涉及的形体畸形都被矫正，达到了较好的美学效果。通过脂肪抽吸手术获得的脂肪量平均为 400g。切除的组织重量在 1.3～15 kg 之间，平均为 3.6 kg。

29 例患者有腹壁血清肿，其中 10 例患者的血清肿延伸到侧面(或者血清肿单独在侧面和背面形成)，6 例患者的血清肿通过臀部中间的伤口发生渗漏。这个问题在最初的 3～4 周就可以自行恢复。伤口的血清肿渗漏可以通过在背部放置细的引流管来解决。有 2 例出现局部切口裂开，一例 7cm 长，另一例是 5cm 长。其中一例的切口裂开是在侧面，即最大张力的位置，另一例是在臀上部位。有 3 例在臀部中线处有微小的开裂，这是由于上部皮瓣缝合困难和(或)通过臀部血清肿引流缓解。因此，改变了切口的设计，以消除海鸥翅膀样皮瓣的尖端并放置引流管。在剩下的 60 例患者中，除了少许腹部血清肿外，没有并发症发生。

在躯干消瘦的患者身上同样可以取得明显的效果，产生一个理想的体形(图 7-62)。对于中等肥胖患者的矫正也非常明显，能显著改善腰部、臀部和大腿外侧的轮廓(图 7-63)。其他未经治疗的形体轮廓畸形，比如大腿内侧、上背、躯干和上臂畸形的患者不能获得理想的轮廓。绝大多数情况下，形成的瘢痕位于美学单元的范围内，可以被皮肤皱褶所遮盖。在 6 例患者中，因为瘢痕变宽或者不对称，不能被皮肤皱褶所遮盖，但可以满足正常的着装或者比基尼。4 例患者在侧腹部表现出瘢痕单侧变宽，其中 1 例是由切口裂开引起的，3 例并未出现皮肤裂开(图 7-64)。4 例患者的瘢痕较高，2 例患者表现出臀上瘢痕的不对称。位于侧腹的之前没有裂开的较宽瘢痕，可能是由于技术失误所致，因为这个区域张力最大，要求细心地缝合。也有可能是邻近区域的脂肪抽吸术损害了浅筋膜系统的完整性，产生了皮下裂开。临床观察发现，消瘦患者的瘢痕没有肥胖患者明显。在所有病例中，瘢痕都较患者预期的要大。在最初的 2 个月，臀肌的外形和投影在侧面角度看上去非常糟

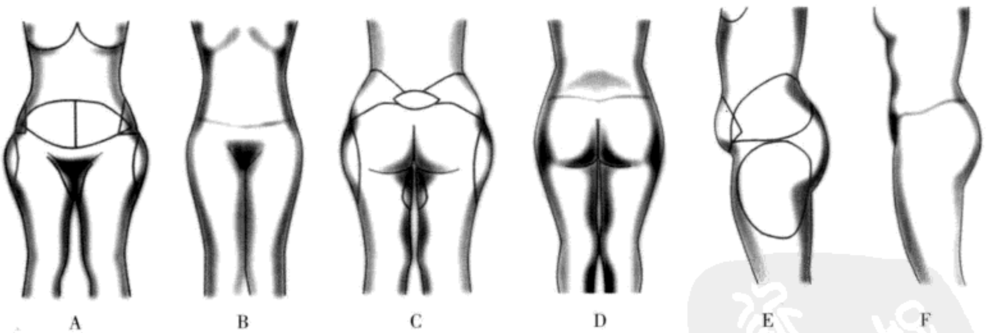


图 7-62　有着较薄躯干的消瘦患者术后取得的明显效果

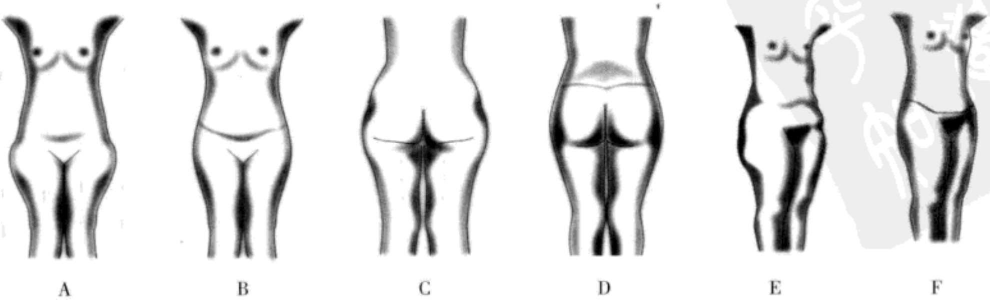


图 7-63　环形脂肪切除术在中度肥胖患者身上取得的理想轮廓

糕，而且臀部看起来扁平；但是在4个月以后，该区域变得圆润和充满活力（图7-65），各方面表现良好。

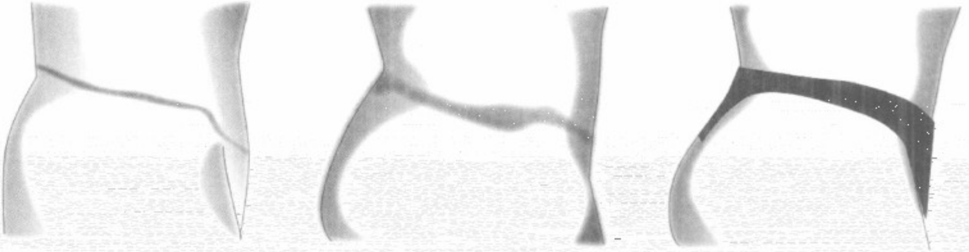


图7-64 在切口不裂开的情况下，侧腹部表现出瘢痕变宽

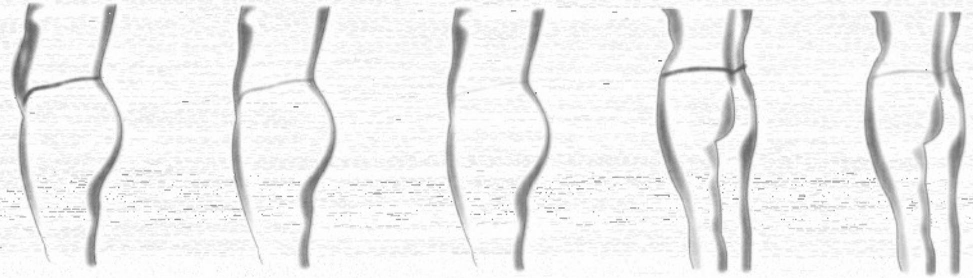


图7-65 臀部外形和投影的变化

A、D．手术后1个月，扁平的臀部形状和投影 B．手术后3个月，臀部形状和轮廓好转 C、E．术后1年，圆润和年轻的臀部

（七）小结

大腿外侧和臀部提升术的环形脂肪切除是基于以前多位医生的经验。Gonzàlez Ulloa 的环形脂肪切除术的目的是清除腹部两侧和腰部多余的皮肤和脂肪组织，但是该方法并没有改善大腿外侧和臀部的轮廓或者将它们提升，而且形成的瘢痕位置比大腿外侧和臀部提升术后更高，需要矫正"猫耳朵"，会遗留一个垂直的瘢痕。脂肪吸除手术和 Baroudi 的形体重塑外科技术结合起来可以改善形体轮廓畸形。Baroudi 提出的不同的组合有着相似的切口，但是后者的切口较低，而且腹部的切口是不同的。Lockwood 在低位皮肤提升上用的切口相似于本文描述的，但是比较低，并且对切除的区域有着不同的设计和标记。他的术后效果是杰出的，但是需要几个阶段。另外，他没有在重度肥胖患者身上实施这项手术。用环形脂肪切除有可能在一个阶段里达到多种目的：①提高臀部，并且它的大小和形状也被改善；②大腿外侧被提升，改善了外形，并且紧缩了皮肤，消除了过多脂肪堆积；③腰部和后背中部脂肪、皮肤皱褶的数量和大小减少，改善了腰部轮廓；④消除了多余的侧位组织；⑤消除了过多的腹部皮肤和脂肪；⑥腹直肌有皱襞，改善腰部和腹部轮廓；⑦腹部、腰部、臀部和大腿的周长显著减少。

可以根据患者的着装习惯设计切口的位置，而且在多数情况下，瘢痕可以被皮肤皱褶所覆盖。

（Melvin A. Shiffman 李学拥）

[1] Duggleby S L, Jackson A A, Godrey K M, et al. The Southamptom Women's Survey Study Group: cut-off points for anthropometric indices of adiposity: differential classification in a large population of young women[J]. Br J Nutr, 2008, 18:1-7.

[2] Forlini W, Manjarrez A. A helpful trick for the abdominoplasty scar[J]. J Plast Reconstr Aesthetic Surg, 2007, 60(5):574-575.

[3] Coldiron B M, Healy C, Bene N I. Office surgery incidents: what seven years of Florida data show us[J]. Dermatol Surg, 2008, 34(3):285-291.

[4] Persichetti P, Simone P, Langella M, et al. Digital photography in plastic surgery: how to achieve reasonable standardization outside a photographic studio[J]. Aesthetic Plast Surg, 2007, 31(2):194-200.

[5] Nahas F X, Ferreira L M, Ghelfond C. Does quilting suture prevent seroma in abdominoplasty?[J]. Plast Reconstr Surg, 2007, 119(3):1060-1064.

[6] Singh D. Universal allure of the hourglass figure: an evolutionary theory of female physical attractiveness[J]. Clin Plast Surg, 2006, 33(3):359-370.

[7] Roberts T L 3rd, Weinfeld A B, Bruner T W, et al. "Universal" and ethnic ideals of beautiful buttocks are best obtained by autologous micro fat grafting and liposuction[J]. Clin Plast Surg, 2006, 33(3):371-394.

[8] Centeno R F, Young V L. Clinical anatomy in aesthetic gluteal body contouring surgery[J]. Clin Plast Surg, 2006, 33(3):347-358.

[9] Centeno R F. Autologous gluteal augmentation with circumferential body lift in the massive weight loss and aesthetic patient[J]. Clin Plast Surg, 2006, 33(3):479-496.

[10] Mendieta C G. Classification system for gluteal evaluation[J]. Clin Plast Surg, 2006, 33(3):333-346.

[11] Centeno R F, Mendieta C G, Young V L. Gluteal contouring surgery in the massive weight loss patient[J]. Clin Plast Surg, 2008, 35(1):73-91.

[12] Ahmadzadeh R, Bergeron L, Tang M, et al. The superior and inferior gluteal artery perforator flaps[J]. Plast Reconstr Surg, 2007, 120(6):1551-1556.

[13] Pan W R, Taylor G I. The angiosomes of the thigh and buttock[J]. Plast Reconstr Surg, 2009, 123(1):236-249.

[14] Lui K W, Hu S, Ahmad N, et al. Three-dimensional angiography of the superior gluteal artery and lumbar artery perforator flap[J]. Plast Reconstr Surg, 2009, 123(1):79-86.

第八章
脂肪移植

第一节 概 述

一、脂肪移植的历史

自体脂肪组织游离移植已有 100 多年的历史。1889 年，Van der Meulen 首先将脂肪组织游离移植应用于临床。1893 年，Neuber 在采用大块脂肪组织移植失败的基础上，改良为采用多个小块脂肪组织移植修复软组织缺损畸形获得成功。1895 年，Czerny 报道采用切除的脂肪瘤组织移植进行乳房整形获得成功。1909 年，Lexer 采用腹部脂肪组织块移植治疗眶下区凹陷与半侧颜面萎缩等，效果满意。1911 年，Bruning 尝试采用脂肪注射技术进行鼻成形术未获成功；但到 1925 年，脂肪移植被广泛地应用于体表软组织凹陷、半侧颜面萎缩、小乳房等的治疗。1938 年，脂肪移植已成为整形与再造外科中被确认的一种治疗方法。20 世纪60～70 年代，游离脂肪移植被用于充填额窦清除后残留的死腔，也被用于覆盖神经与肌腱，以及腰段脊髓手术中覆盖硬脊膜。随着脂肪移植应用范围的扩大与经验的积累，临床医师发现，游离脂肪组织对感染的抵抗力较低，移植后吸收严重，吸收量高达 30%～70%，而且容易发生移植物中心部位无菌性坏死、液化，形成囊肿，并最终被纤维结缔组织所代替，其疗效并不令人满意。所以自 20 世纪 60 年代以后，游离脂肪组织移植几乎被弃用。

要提高游离脂肪组织移植的成活率，其关键在于血供重建。20 世纪五六十年代，临床工作者认识到，真皮具有丰富的血管，与之紧密附连的脂肪组织可以从真皮血管网中获得血液供应，从而增加了脂肪组织的存活率，减轻了脂肪移植后期移植物体积的丧失。因此，对真皮脂肪组织复合移植给予了高度关注，进行了大量实验研究与临床应用。1959 年，Watson 成功地实施 1 例真皮脂肪组织复合移植，该移植物大小为 20.32cm×22.86cm×7.62cm，重 200～250g，移植后未发生组织坏死、脂肪液化和感染。1972 年，Leaf 和 Zarem 运用真皮脂肪组织进行面部凹陷充填，并强调切取、移植组织块时操作应轻柔，这样可以减轻组织吸收，而且证实移植的真皮内也无明显的囊肿形成。到 1992 年，仍有采用真皮脂肪组织移植治疗 Romberg 病等轻、中度面部软组织缺损的报道，此外，也用于治疗腮腺切除后下颌区凹陷、后天性与先天性软组织凹陷、半侧颜面萎缩和小乳症，认为真皮脂肪组织是软组织凹陷最好的填充材料。但 Sawney 在 1969 年以猪作为实验对象进行了真皮脂肪组织移植的实验研究，结果发现，移植后 1 周、2 周、4 周与 8 周时，移植物体积分别丧失 6.7%、9.0%、20.0%与 33.3%，并观察到血管生长仅限于真皮部分，没有血管自真皮长入脂肪组织。根据实验结果，Sawney 认为真皮血管形成良好并不能提高脂肪的存活率，真皮脂肪组织移植优于单纯脂肪组织

移植的关键在于操作方便、减轻损伤，从而降低了移植物的吸收率。其他学者的实验与临床研究结果也显示，真皮脂肪组织移植后仍存在明显的吸收，吸收率达40%～50%或更高，必须再次手术充填。综合此类研究结果，真皮脂肪组织移植较单纯脂肪组织移植效果有所改善，但最终结果仍不尽如人意。

20世纪60年代，显微外科技术与显微解剖学的发展，为脂肪组织移植提供了新的途径。吻合血管的大网膜游离移植于20世纪70年代开始应用于临床，用于头皮缺损的修复和半侧颜面萎缩的治疗。随后，带血管蒂的大网膜移植、筋膜脂肪组织瓣游离或带蒂移植在临床上得到应用，其优点在于移植的组织瓣无须过多地固定，植入时也易于塑形。因此，不带血供的脂肪组织块移植因不易成活而较少被选用。

20世纪80年代，脂肪抽吸技术的问世，使得自体脂肪组织移植的最新技术——颗粒脂肪注射移植技术应运而生。1986年，Ellen Bergen采用颗粒脂肪组织移植治疗痤疮、外伤后组织缺损、鼻唇沟过深、眼眶凹陷、面部萎缩等小面积畸形，取得了良好效果。其方法为将切取的脂肪组织块修剪成直径0.4～0.6cm的脂肪颗粒，在严格无菌操作下进行胰岛素液外用处理，然后把颗粒脂肪移植到受区，术后辅助服用维生素E，以预防脂肪细胞分解破坏。随访中Ellen Bergen发现，在为眼睑凹陷畸形的患者实施颗粒脂肪移植术后，随着患者体重的增加，移植区逐渐呈现眼袋样凸起，需再次手术矫正。切除的脂肪组织行病理检查可见正常脂肪组织结构，周围有炎症细胞浸润形成包裹，由此认为颗粒脂肪组织移植后不但能够成活，而且逐渐有正常的脂肪细胞生长。近年来，应用颗粒脂肪组织移植治疗颜面部凹陷畸形、乳头凹陷畸形、半侧颜面萎缩、小乳症、颜面局部除皱等，均取得了满意的效果，但在临床应用中，颗粒脂肪注射移植后因液化、坏死、感染等而失败者也时有发生。因此，在选择颗粒脂肪组织移植进行整复治疗时，有关每次移植的数量、间隔时间、移植方法、注射层次等均应审慎考虑，以确保手术的成功。1990年，Nguyen对颗粒脂肪组织的抽吸和切取进行了对照研究，结果发现，应用负压脂肪抽吸技术获得的脂肪颗粒，其中90%的脂肪细胞受到损伤和破坏，完整的脂肪细胞仅有10%；应用吸取脂肪混悬液移植，必然导致液化、吸收和纤维化。而采用外科技术切取脂肪组织并加工成脂肪颗粒，其脂肪细胞完整率则高达95%。由此提示，颗粒脂肪组织在吸取过程中，其损伤程度对移植效果有直接影响。

在大量颗粒脂肪组织移植实验与临床研究的基础上，目前，有关脂肪移植的研究集中于细胞水平。前脂肪细胞移植被认为是达到移植后无明显体积丧失的一种途径。前脂肪细胞是一种类似于成纤维细胞的结缔组织细胞，它通过摄取脂质而演变为成熟脂肪细胞。组织培养技术显示，前脂肪细胞是具有合成脂类物质的一种独特的细胞。Van与Roncari将取材于大鼠附睾的前脂肪细胞移植于肌肉中，观察到在移植部位有脂肪垫形成。Billings与May提出，脂肪移植后缺血和细胞营养的匮乏会导致成熟脂肪细胞坏死或返回至前脂肪细胞。脂肪移植后，伴随着移植物再血管化的完成，移植物中残留的前脂肪细胞仍会转化为成熟脂肪细胞，但是移植物体积会因大量成熟脂肪细胞的丧失而减少。鉴于此，学者们预测，随着移植物再血管化问题的解决，移植的前脂肪细胞能够转化为成熟脂肪细胞而不会出现现阶段所观察到的体积丧失。

二、脂肪移植的适应证与禁忌证

（一）脂肪移植的适应证

1 修复体表组织缺损或凹陷畸形　如颜面部血供丰富，脂肪移植后容易成活，一次充填或注射移植效果良好。如果需要移植的量过多，一般需要分次实施脂肪移植。

2 半侧颜面萎缩。

3 小乳症。

4 颜面部美容 鼻唇沟过深、眉间皱纹、鱼尾纹等均可采用脂肪移植整复。因重睑术或眼袋切除术所造成的眶隔脂肪切除过多，也可采用脂肪移植予以修复。

5 其他 吻合血管的脂肪移植还可以用于慢性骨髓炎、放射性溃疡、褥疮等难愈性窦腔的充填，以改善局部血液循环，并对坏死组织起到生物性清创作用。

（二）脂肪移植的禁忌证

1 受区感染 对于有感染病灶的受区，不能做脂肪移植。脂肪移植术必须在严格的无菌条件下进行，即使是轻微的感染也可导致脂肪液化坏死；如果是真皮脂肪复合移植，则真皮也可能发生坏死。采用脂肪注射移植隆乳可能因感染导致严重后果。

2 受区血液供应不良 瘢痕组织、皮下软组织缺乏的区域，由于血供较差，脂肪移植后均不易成活。

3 肌腱和神经吻合部位 以往认为肌腱和神经吻合后，采用脂肪移植隔离周围组织可防止粘连，但实践证明移植物缺血后易于变性，机化后更容易导致瘢痕形成。

4 硬脑膜缺损的修复和预防手术后粘连 在修复硬脑膜缺损和预防腹部手术后粘连时，应禁忌采用脂肪移植。

第二节 脂肪移植的类型

一般将脂肪移植分为五种类型，即：①游离脂肪组织移植，移植物包含脂肪细胞及其间质组织；②真皮脂肪组织移植，移植物包含脂肪组织与一层真皮载体；③吻合血管的游离脂肪组织移植，移植物为游离脂肪组织瓣；④带蒂脂肪组织瓣移植，分为皮下脂肪组织筋膜瓣与带蒂大网膜组织瓣；⑤颗粒脂肪组织注射移植，借助脂肪抽吸技术采取、制备移植物。近年来，有关组织工程脂肪的构建与移植和脂肪源性干细胞移植相关实验与临床探索的文献报道日益增多。

一、游离脂肪组织移植

游离脂肪组织移植主要用于充填较小的、血供良好区域的死腔，如额窦切除后残留的死腔、听神经瘤切除后的颅骨基底、腰段脊髓手术中硬脊膜外露等；也用于充填位于头、颈部的凹陷畸形。用于移植的脂肪组织主要取自腹壁；为减轻对患者的创伤，也可取自拟行脂肪移植手术野的附近区域。临床研究表明，在游离脂肪组织切取与移植等操作过程中，动作轻柔与否，术后一年移植物体积丧失的程度会有很大的不同。Bryant 对沿腰髓硬脊膜移植的脂肪移植物进行 CT 扫描发现其能长期存活。游离脂肪组织移植后的并发症相对较少，Ricaurte 曾报道了 4 例听神经瘤切除术后由于来自脂肪移植物的脂肪组织在蛛网膜下的迁移而导致的无菌性脂膜炎。

二、真皮脂肪组织移植

（一）游离真皮脂肪组织移植

真皮脂肪组织移植主要用于面部、额部外形缺陷的整复、眼球摘除术后眼窝与眶区的重建，神经与肌腱的覆盖以及丰唇，也用于腭瘘的封闭、虎口挛缩的美容治疗、唇裂术后鼻畸形整形术中耳软骨移植物的覆盖等等。总之，真皮脂肪组织移植物一般用于三种途径：小范围凹陷畸形的充填，

为皮肤与神经之间提供屏障，预防滑动表面的粘连。

真皮脂肪组织移植物的供区与全厚皮片的供区相同，包括下腹壁、耻骨上区、脐周区、臀沟区、乳房下皱襞、髂嵴区等，手外科还以前臂作为供区。

切取真皮脂肪组织移植物时，首先在供区皮肤作标记，采用手术刀锐性剥除表皮或采用擦皮术去除表皮，然后自深筋膜浅面掀起组织瓣，按受区要求修整组织瓣，一般组织瓣最大厚度不超过2cm。也可按切取全厚皮片的方式切取移植物，再采用取皮鼓反鼓切除表皮，同法修整组织瓣。受区彻底止血后，将真皮脂肪组织移植物植入，供区分层拉拢缝合。

真皮脂肪组织移植后体积的丧失主要源于脂肪组织的吸收，其根本原因是脂肪组织中血供重建障碍。以猪为研究对象所做的移植实验中，术后10周，移植物中脂肪组织基本消失。Peer早在20世纪50年代就采用组织学手段研究了临床实施真皮脂肪组织移植后移植物的转归，结果表明，真皮脂肪组织移植后一年，移植物体积丧失45%。更有趣的是，Peer对接受真皮脂肪组织移植的患者进行术后随访发现，随着术后体重的增加，移植物的体积也逐渐增加。从这些研究结果中总结出真皮脂肪组织移植的一般原则，即真皮脂肪组织移植物的体积应较实际需要量大40%。

游离脂肪组织移植和游离真皮脂肪组织移植的实践证明，上述两种方法移植后期效果较差，而且它们均存在如下缺点：①抗感染能力非常低，特别是用于较表浅的凹陷填充时，即使非常轻微的缝线感染也可能造成移植物的炎症反应，导致感染、坏死、移植物液化排出，手术失败；②较大体积的移植常导致移植物中心区域组织的无菌性坏死、液化；③移植后移植物常被机体逐渐地吸收，文献报道的吸收率最高可达70%；④移植物纤维化导致继发性畸形，虽然可以通过矫枉过正的原则应用于较小面积畸形的矫正，并可取得一定程度的改善，但对于面积较大的畸形，很难达到预期的矫正目的。

（二）吻合血管的游离真皮脂肪组织移植

1 适应证 吻合血管的游离真皮脂肪组织移植可用于：①矫正身体任何部位的凹陷畸形，但大多用于面部、颈部等暴露部位；②难愈性窦腔，如慢性骨髓炎、放射性溃疡、褥疮等的充填，以改善局部血液循环，促进组织新陈代谢，对坏死组织起到生物性清创的作用。实施该项移植技术的前提是受区具有可供吻合的血管。

2 术前准备 在外科手术常规术前准备的基础上，做好如下准备工作：①检查受区血管：利用超声多普勒探测受区供吻合血管的完整性、走行方向以及其与拟移植充填部位的距离；②测量组织缺损量：利用印膜胶与标尺测定凹陷部位的面积、厚度和形状，并在体表作出标记；③选择供区。

3 供区的选择与处理 吻合血管的游离真皮脂肪组织实质上是去表皮的游离皮瓣，所以从理论上讲，只要是游离皮瓣的供区均可以作为切取游离真皮脂肪组织瓣的供区。但根据整形美容外科供区选择的原则，一般常选取相对较为隐蔽的部位，如下腹部、腋下部、胸三角部等。

（1）下腹部：该部位皮下脂肪肥厚，组织量丰富，可供较大面积软组织缺损的充填。其真皮脂肪组织的血液供应主要来自腹壁浅动脉和旋髂浅动脉，两动脉的外径绝大多数大于1mm。腹壁浅动脉通常以内侧主支与外侧主支的形式出现，两者的出现率分别为68%和66%，同时出现率为34%，共干起始率为20%。旋髂浅动脉分为浅主支与深主支，两者的出现率分别为86%和100%，深、浅主支共干起始率为56%。术前可以借助超声多普勒检查，确定其中之一作为血管蒂。

（2）腋下部：该部位真皮脂肪组织的血液供应主要来自腋动脉的最大属支肩胛下动脉，它在分出旋肩胛动脉后延伸为胸背动脉，此动脉有皮支充分供应腋下部皮肤及其皮下组织；但有时皮支缺如，而在进入背阔肌后改由肌皮动脉穿支供血。肩胛下动脉外径粗大，平均在2.5mm以上，而且血管蒂长，便于手术操作。另外，该部位组织具有丰富的深浅静脉交通，最后汇入腋静脉中。

（3）胸三角部：该部位真皮脂肪组织的血液供应主要来自第二肋间穿支，该动脉自胸骨旁1cm第二肋间穿出，其皮支在胸大肌深筋膜浅层走行，一般在胸大肌肌膜下剥离可以避免血管损伤。该动脉的平均外径约为0.7mm，静脉的平均外径为1.5mm。

切取的真皮脂肪组织瓣宽度如果不超过10cm，可直接缝合，否则需另外移植自体中厚皮片封闭供区创面。

4 操作要点与注意事项

（1）真皮脂肪组织瓣解剖要点：①首先应当根据凹陷缺损的部位与范围选择供区，并先切取真皮脂肪组织瓣，以便了解血管蒂的长度、方向和外径，便于选择适宜的受区接受血管；②在解剖受区血管时应保留足够的长度，以便有充分的转位余地，使其适应血管吻合的方向与长度；③在解剖腋下部真皮脂肪组织瓣前，首先在腋窝顶部扪及腋动脉，沿背阔肌前缘作切口，探查到肩胛下动脉及其终末支胸背动脉搏动后，自血管深面向前剥离，在确定具有合适的皮支血管时再行该真皮脂肪组织瓣的游离；④在解剖腋下部真皮脂肪组织瓣时，若发现皮支缺如，只有进入背阔肌的肌支时，必须将部分围绕在肌皮动脉穿支周围的背阔肌包括在真皮脂肪组织瓣内一并移植，才能保证其良好的血液供应，因此也增加了移植组织的体积；⑤胸三角部真皮脂肪组织瓣的血管蒂第二肋间穿支血管管壁菲薄，极易造成损伤，操作时应特别仔细。

（2）受区腔隙剥离要点：①受区潜在腔隙的剥离范围应稍大于真皮脂肪组织瓣的面积，以防止移植后折叠、受压，发生移植物部分液化、坏死以及术后局部畸形。②采用类似剥离放置皮肤软组织扩张器的方法，以钝性剥离为主、锐性剥离为辅的方式剥离腔隙。腔隙形成后，用冷光源拉钩仔细检查，电凝止血，然后填塞湿纱布巾。③根据腔隙的范围，在其四周作4～6处等距离的标记，然后在真皮脂肪组织瓣四周与该标记点相应的位置作真皮缝线，牵引真皮脂肪组织瓣移植入受区腔隙，并将缝线自相应标记点穿出，按埋线法缝合固定。

（3）真皮脂肪组织瓣移植要点：①真皮脂肪组织瓣一旦离断呈完全游离状态，原则上不再进行修剪，特别是瓣的两侧和近端，以免损伤主要血管；②在将真皮脂肪组织瓣移植入受区腔隙时，动作应轻柔，应充分利用各牵引线调整位置，并尽量将其展平，避免折叠或产生张力。

（4）血管吻合要点：①在真皮脂肪组织瓣固定后，即开始按照显微外科的基本原则进行血管吻合。吻合时应避免吻合口扭折或旋转、血管缝合张力过大，若出现这些情况，应重新调整血管吻合口的位置，或松解供区血管，或通过血管移植等方法减张。②血管吻合完毕后应观察数分钟，证实吻合口通畅，真皮脂肪组织瓣血供良好，局部无活跃出血点，即可在真皮脂肪组织瓣深面与浅面放置引流条，关闭切口。

（5）术后处理要点：①术后受区最好不采用绷带包扎以防止局部受压，置受区于有利于静脉回流和切口引流的体位；②按照血管吻合后的常规处理，视情选用丹参注射液、山莨菪碱、双嘧达莫等扩血管药物以及抗凝药物；③术后移植物血供变化的早期观察非常困难，王炜曾提出一个简单的观察方法，即在真皮脂肪组织瓣的蒂部保留一小条皮肤，将其嵌植于切口之间，通过直接观察皮肤颜色的变化，间接判断真皮脂肪组织瓣的血供情况。

三、吻合血管的游离脂肪组织移植

吻合血管的游离大网膜移植是最常用的吻合血管的游离脂肪组织移植的方法，通常可用来修复体表任何部位的组织缺损、凹陷性畸形、半侧颜面萎缩和Romberg病等，也可用于覆盖大面积颅骨外露创面。大网膜瓣带蒂移植通常以胃网膜右动脉为血管蒂，偶尔也选用胃网膜左动脉为血管蒂，分别进行纵隔重建与骨盆重建。

（一）解剖学基础

1 大网膜的形态与功能　大网膜是腹腔脏层形成物，附于胃大弯和横结肠之间。在腹膜发生过程中，大网膜是由四层腹膜折叠形成，但在成年人体内，各层之间已彼此粘连，不能完全分开。大网膜前面两层由胃大弯向下，像一片围裙遮盖于小肠袢的前方；后面两层返折向上，附于横结肠。前面两层与后面两层之间形成网膜囊的一部分。大网膜右侧与结肠肝曲相连，左侧与胃脾韧带相连。大网膜薄而透明，且血管和淋巴管丰富，具有较强的吸收、渗出、修复、粘连和局限感染蔓延的功能。

大网膜下端的形态不尽相同，可呈 U 形、V 形、W 形或锯齿形。小儿的大网膜较短，而成人的较长。大网膜的应用解剖学研究结果表明，应将大网膜前层内行程较长的动脉统称为大网膜前动脉，以大网膜前动脉的支数区分大网膜的类型，能客观反映大网膜的应用解剖学情况，便于指导临床应用。

2 大网膜的血供　大网膜的血供来自胃网膜左动脉和胃网膜右动脉，有静脉与其伴行。分布于大网膜的血管（图 8-1）管壁都比较菲薄，行血管吻合术时，应注意血管的结构特点。

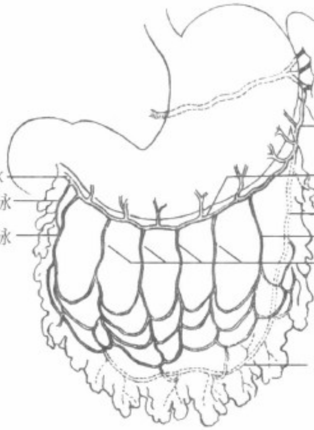


图 8-1　大网膜的血管分布

（1）胃网膜左动脉：胃网膜左动脉是脾动脉的分支，在胃脾韧带转向胃大弯，距胃大弯下方 1～2cm 处由左向右行，与胃网膜右动脉吻合组成胃网膜动脉弓。胃网膜左动脉外径平均为 1.8mm，伴行静脉外径平均为 2.4mm。胃网膜左动脉的外径小于胃网膜右动脉。胃网膜左动脉在脾门部分比较脆弱，胃脾韧带牵拉紧张时，容易损伤出血。由于大网膜左侧所含脂肪较少，层次比较清楚，对分离操作有其便利之处。

（2）胃网膜右动脉：胃网膜右动脉是胃十二指肠动脉的终末支之一，在幽门与十二指肠交界处到达胃大弯，在胃大弯下方 1～2cm 处由右向左行，与胃网膜左动脉吻合组成胃网膜动脉弓。胃网膜右动脉起始处外径平均为 2.8mm，动脉壁厚度平均为 0.3mm。胃网膜右静脉外径平均为3.2mm，静脉壁厚度平均为 0.12mm。胃网膜右动脉的管径粗于胃网膜左动脉，故带蒂移位或吻合血管移植大网膜时，多首选胃网膜右血管。但是大网膜右侧所含脂肪较多，且与胰头及横结肠相连，层次不甚清楚，分离操作较为不便。

（3）胃网膜动脉弓：胃网膜动脉多数是连续的动脉弓（96.7%）。少数是不连续的动脉弓（0.3%）。

胃网膜左、右动脉间没有吻合。胃网膜动脉弓的吻合部位多数在弓的左 1/3 段(73.4%),少数在弓的中 1/3 段(23.3%),偶有不吻合者(3.3%)。胃网膜动脉弓沿途向上发出的分支多而粗短,称为胃支,分布至胃的前壁和后壁;向下发出的分支较少而细长,称为网膜动脉,分布至大网膜。网膜动脉的名称按其位置命名,由右至左分别称为网膜右动脉、网膜前动脉(常有数支)、网膜左动脉和网膜左后动脉(图 8-1)。有时在网膜右动脉右侧尚有管径较为细小的网膜副动脉存在。

(4)大网膜动脉弓:大网膜动脉弓的确切位置并不在大网膜的下缘,而是在大网膜裙后层的中下部交界处。在大网膜动脉弓的组成中,最主要的干渠是网膜左右动脉,其管径并不大(0.5~0.8mm),但在大网膜下部,仍是一条主要的血循环干线,也是剪裁大网膜时的重要依据之一。大网膜动脉弓的下方与各网膜动脉的分支吻合,上方发出网膜后动脉。网膜后动脉在大网膜动脉弓发出后,向上行于大网膜后层之间,分布至横结肠,其管径细小(0.4~0.7mm)。虽然横结肠可以通过网膜后动脉获得部分血供,但由于这些动脉供血量过小,当主要供血来源的结肠中动脉完全被阻断后,仅靠网膜后动脉不能维持横结肠的正常血供。

3 大网膜血管分布与剪裁设计的关系 临床上将大网膜作为移植体应用时,常需将大网膜进行剪裁和延展。虽然其剪裁的方案很多,但关键是必须保证血供的渠道畅通。剪裁时应重视的有关血管如下:①胃网膜动脉弓是大网膜血供最主要的干线,必须予以保留;②网膜左后动脉和网膜右动脉是大网膜两侧缘的血供干线,其中管径粗大的网膜左后动脉更为重要;③大网膜动脉弓是大网膜下部的血供渠道,由于管径较小,供血作用小于上缘和两侧缘;④网膜前动脉是联系大网膜上部与下部两个动脉弓之间的供血渠道,剪裁时可予以利用。

保证血供是剪裁延伸设计中的要点,施术时可用血管夹将准备切断的血管暂时阻断,以观察设计方案是否可行。在受区需要将大网膜的面积缩小时,只能用挤拢的方法而不宜用折叠的方法,以免发生血供障碍。延展大网膜时应注意防止张力过大,以免产生循环障碍。大网膜与胰头前面愈着,而胰体和胰尾部并不粘连,因此,从胃大弯和横结肠分离大网膜时,由左向右进行较为容易。

(二)吻合血管的大网膜移植的适应证

大网膜富有血管、淋巴和脂肪组织,组织量丰富,塑形方便,并具有的独特的结构和形态,故应用范围广泛:①可用于修补体表任何部位的缺损,在其表面移植游离皮片,以代替不能利用局部或远位带蒂皮瓣修复的缺损,可获得满意的功能与形态恢复的效果;②可用于修复身体各部位的巨大缺损,如半侧颜面萎缩症等;③可用于修复缺血或淋巴回流不良的缺损,以增加修复部位的血液循环,或促进淋巴回流,减轻水肿。

(三)吻合血管的大网膜移植的手术要点

在硬膜外麻醉下,采取上腹正中切口或旁正中切口进大腹腔切取大网膜。

1 切取大网膜 开腹后检查大网膜,如无粘连可作移植用时,再观察血管分布情况。为裁剪方便,可将大网膜置于腹腔外的盐水纱垫上。根据受区组织缺损的需要和大网膜的血管类型设计切取大网膜的范围和可利用的血管。大网膜分布以Ⅰ、Ⅱ型多见,大网膜中动脉及其周围网膜脂肪可予利用。为争取较大的血管口径,可连同胃网膜动脉弓一起切取。当切取的范围和血管确定后,再结扎并切断网膜胃窦支血管,使需利用的胃网膜动静脉弓从胃大弯上分离开。裁剪所需范围的大网膜时应注意结扎网膜内血管支,以缝合结扎为妥。结扎并切断大网膜附着于横结肠上的横结肠网膜带,此时大网膜已大部游离。待受区准备就绪后,切断胃网膜动脉弓。在完全游离的大网膜移植到受区后,腹部切口按层缝合。游离的大网膜一般无须进行血管内灌洗。

2 大网膜游离移植与血管吻合 将游离的大网膜覆盖在创面上,并与创面皮缘固定缝合。注意调整大网膜血管避免扭曲,然后进行胃网膜动静脉弓的血管与受区血管吻合。若大网膜血管分

布属Ⅳ型或Ⅴ型,可利用胃网膜左、右动静脉或脾动静脉作为大网膜的血管与受区的血管吻合。血管吻合一般采取端端吻合。受区位于肢体时,可利用大网膜血管的T形,将受区的一条知名动脉切断后将它的远、近端分别与大网膜T形血管两端吻合。这样可避免影响受区肢体远端的血供。

3 大网膜上移植中厚皮片　血管吻合完毕,大网膜上应用自体中厚皮片覆盖,皮片缘与受区皮缘紧密缝合,留线加压包扎。压力宜适度,不可过大,以避免压迫皮下大网膜的血供。若移植大网膜作为皮下充填材料,可直接缝合受区的容积要留有余地,以免受压,影响大网膜的血液循环。

(四)术后处理

吻合血管的大网膜移植术后的重点在于保护其血液循环和游离皮片的成活,严密注意腹腔手术后的反应。

1 局部包扎固定　若在肢体部位,采用石膏托制动包扎时切忌压力过大,抬高患肢,促进静脉回流。

2 密切观察大网膜的血液循环　可直接观察大网膜的动脉搏动,定期测量并记录移植于大网膜表面皮片的温度,并与受区周围皮温加以比较。

3 按照血管吻合后的常规处理　视情选用丹参注射液、山莨菪碱、双嘧达莫等扩血管药物以及抗凝药物。

4 修整　游离大网膜移植成功后,若局部臃肿,则应在术后6～12个月后再予以修整。

四、带蒂脂肪组织瓣移植

(一)皮下脂肪组织筋膜瓣

1 随意皮下脂肪组织筋膜瓣　对于某些部位的凹陷畸形或有重要深部结构暴露的创面,可以选择邻近的皮下脂肪组织筋膜瓣旋转或翻转填充缺损或覆盖重要深部结构。在游离皮下脂肪组织筋膜瓣上的皮肤时,既要防止切入过深,破坏皮下脂肪层血管网的完整性;又要注意不可损伤真皮下血管网,防止皮肤坏死。另外,在游离皮下脂肪组织筋膜瓣时,应确保不使深筋膜与皮下组织分离,应边切取边将两者缝合固定,以防撕脱。

以小腿后侧皮下脂肪组织筋膜瓣翻转修复大面积胫骨外露为例。

(1)应用解剖:小腿皮下脂肪组织的应用解剖参见第一章第三节。小腿深筋膜与大腿阔筋膜及踝部筋膜相延续,包绕整个小腿的深层结构,筋膜纤维多与肢体纵轴相一致,间有少量环行及斜行纤维,对小腿深层结构有保护和支持作用。深筋膜在小腿上端附于膝关节周围的胫骨粗隆、胫骨内侧踝、胫骨外侧踝、腓骨小头等骨突和髌韧带。此外,大腿阔筋膜及半膜肌、半腱肌、股二头肌、骨薄肌和缝匠肌等股部肌肉腱膜的纤维延续到小腿,加强了小腿筋膜的前外侧部和小腿深筋膜后部,并通过腘窝筋膜直接与大腿阔筋膜相延续。筋膜的前内侧面与胫骨内面的骨膜相愈着,前外侧面和后面均包绕小腿的肌肉。小腿深筋膜的下端近踝关节处纤维呈环形增厚,形成肌的支持韧带。

(2)组织瓣的设计:以腓骨外侧为蒂,上界为腘窝下5cm,下界为外踝上5cm,皮下脂肪组织筋膜瓣的长度根据需要自小腿内、后侧设计。

(3)组织瓣的切取:按设计线自深筋膜深层切取小腿内、后侧或后侧任意皮下脂肪组织筋膜瓣,翻转覆盖裸露的胫骨,然后再行皮片移植修复创面(图8-2～图8-8)。

2 轴型皮下脂肪组织筋膜瓣　以足背动脉皮支逆行翻转皮下脂肪组织筋膜瓣修复前足创面为例。

(1)应用解剖:足背动脉经跗长伸肌与趾长伸肌之间,越过距骨、舟骨及第二楔状骨背面,在跗短伸肌深面达第一、第二跖骨间隙近侧分为第一跖背动脉和足底深支两个终支。根据动脉灌注



图 8-2 双侧小腿皮肤撕脱伤，右侧为开放性，左侧为闭合性



图 8-3 术中切开左小腿，软组织自深筋膜分离，胫骨骨膜大段分离



图 8-4 以腓骨外侧为蒂，上界为腘窝水平，下界为踝上 5cm，设计一皮下脂肪组织筋膜瓣



图 8-5 以腓骨外侧为蒂，逆时针旋转包裹外露的胫骨



图 8-6 用皮下脂肪组织筋膜瓣包裹外露的胫骨



图 8-7 撕脱皮瓣制备成中厚皮片修复创面



图 8-8 双小腿皮肤撕脱伤治愈后

证明，有 3～4 支动脉穿支在近侧段（足背动脉起点以下 2cm）和远侧段（发出第一跖背动脉之前 2cm）发出，每支间隔 0.4～0.5cm，外径为 0.2～0.8cm。这些穿支穿过深筋膜形成丰富的血管网供应足背皮肤。

（2）组织瓣的设计：逆行转移时，该组织瓣的蒂部位于第一跖骨间隙中段平面，皮瓣远端根据需要可设计至小腿远段 1/3。根据切取组织瓣的面积大小，蒂宽可为 3～7cm。切取范围为整个足背及小腿远段 1/3 前侧，上界为小腿中下 1/3 交界处，下界为第一跖骨间隙中段，内侧达第一跖骨内缘，外侧达第 5 跖骨外缘。

（3）组织瓣的切取：在止血带下切取组织瓣。由踝关节区至前足缺损边缘作 S 形切口，切开真皮层后，于真皮下血管网深面向两侧掀起皮肤至所需切取组织瓣的边缘。切开深筋膜，从肌膜浅层由组织瓣远端向近端掀起组织瓣，结扎足背动脉深部穿支，保护足背皮神经。放松止血带，观察组织瓣血供，然后翻转皮下脂肪组织筋膜瓣覆盖前足创面。组织瓣下置引流条，碘仿纱布松散包扎 5～7 天，而后于组织瓣表面移植自体中厚皮片（图 8-9～图 8-12）。

（二）带蒂大网膜组织瓣

大网膜以带蒂方式移植的历史可以追溯到 1894 年，当时，Bennet 采用大网膜带蒂移植治愈胃穿孔。O. Swanghnessy 于 1906 年将大网膜带蒂移植到心肌，试图改善心肌缺损，治疗心绞痛，收到了预期效果。Walter（1937 年）和 Thompson（1945 年）先后采用带蒂大网膜治疗膀胱阴道瘘和支气



图 8-9 右足远端Ⅳ度冻伤

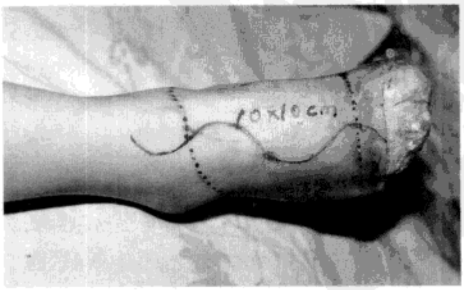


图 8-10 足背动脉皮支逆行翻转皮下脂肪组织筋膜瓣设计

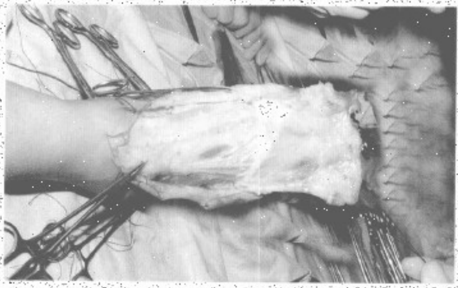


图 8-11 足背动脉皮支逆行翻转皮下脂肪组织筋膜瓣切取



图 8-12 修复术后

管胸膜瘘，均获得成功。1967 年，Goldsmith 与 Santos 将大网膜的胃网膜左动静脉切断后，将其和胃大弯底部和横结肠分离结扎，然后以胃网膜右动静脉为蒂游离大网膜，并按其血管网分布情况剪裁成条梭状，将之自腹股沟处牵引出腹腔植入大腿部肌肉间隙，旨在改善下肢静脉与淋巴回流。而后，Dupont（1972 年）采用相同的方法制备带蒂大网膜，自上腹壁皮下隧道到达胸部，用于覆盖胸壁巨大放射性溃疡，并在其表面移植中厚皮片，皮片 100% 成活，胸壁巨大放射性溃疡得以成功根治。自此，大网膜带蒂移植的方式在临床上开始应用。

1 适应证的选择 大网膜含有丰富的脂肪组织、血管和淋巴组织，可塑性强，有很强的吸收水分、抗炎以及与周围组织建立侧支循环的能力，可用来修复体表任何部位的组织缺损、凹陷性畸形。尽管正常情况下切除大网膜后对人体并无什么严重后果，但剖腹手术毕竟是一种创伤较大的外科手术，手术后也有肠粘连等并发症发生的可能。在临床上对是否切取大网膜作为移植材料应取慎重态度，权衡利弊后再作抉择。

2 带蒂大网膜组织瓣的制作 根据受区部位不同，大网膜组织瓣可经皮下隧道移位到胸壁、上臂、腹股沟、会阴部、大腿等部位。切取大网膜组织瓣时可以胃网膜右动脉为蒂，也可以胃网膜左动脉为蒂。因胃网膜右动脉外径较胃网膜左动脉粗大，带蒂转移时多首选胃网膜右动脉为蒂。

（1）切取以胃网膜右动脉为蒂的大网膜组织瓣：先在胃网膜血管弓与胃大弯缘之间凿一小孔，结扎、切断至胃壁的营养血管，并由此处向左、右两侧游离。在结扎胃壁支时，不能作集束结扎，以免使胃网膜血管弓折叠或扭曲。分离大网膜与横结肠的附着，注意不要损伤结肠中动脉。结扎、切断胃网膜左动脉起始部（图 8-13）。

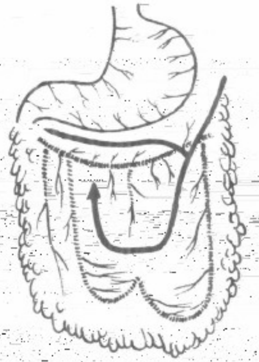


图 8-13 切取以胃网膜右动脉为蒂的大网膜组织瓣

（2）切取以胃网膜左动脉为蒂的大网膜组织瓣：应按图 8-14 箭头所示方向进行裁剪，切取方法同上。

（3）大网膜的延展：带蒂大网膜需要向远处移位，则应对大网膜进行裁剪延展。术中应仔细检查大网膜血管分布情况，在保留胃网膜左动脉或胃网膜右动脉血供的前提下，按大网膜血管环的分布规律予以裁剪(图 8-15)。

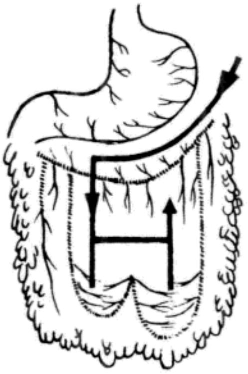


图 8-14　切取以胃网膜左动脉为蒂的大网膜组织瓣

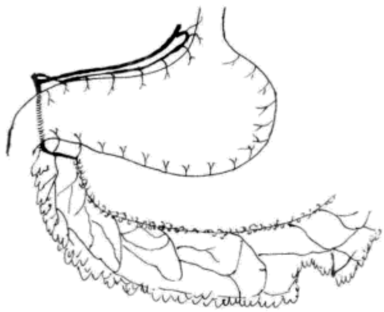


图 8-15　大网膜的延展

五、颗粒脂肪组织注射移植

自 20 世纪 80 年代抽脂技术问世以来，术区外形凹陷的问题也同时显现出来，整形外科医师可采用游离脂肪注射充填的方法矫正这些凹陷。早在 1983 年，Chajchir 就采用抽吸的脂肪组织治疗面部凹陷。1986 年，Illouz 报告了采用脂肪细胞移植治疗凹陷畸形的新技术。到 20 世纪 80 年代末期，研究的重点主要集中于机械压力对所获得的脂肪细胞的影响和注射脂肪组织长期存活的问题。Coleman 通过研究于 1995 年提出，可以采用离心技术浓缩抽吸的脂肪组织，并可以在全颜面采用多层面注射移植。

颗粒脂肪组织注射移植的适应证在不断扩大，它可以作为组织填充物注射移植到任何存在挛缩与组织缺损的皮下部位，其中最常用于面部充填，包括过深鼻唇沟的消除、丰唇、颞区与颊区充填等。颗粒脂肪组织注射移植也用于矫正由于脂肪代谢综合征和脂肪萎缩导致的局部凹陷或脂肪缺损区域。腹壁、肋肋部、臀部、背部及大腿部因抽脂而导致的凹陷也可采用颗粒脂肪组织注射移植矫正。此外，颗粒脂肪组织注射移植也用于麻痹声带、阴茎、手背的充填以及通过肛周注射治疗括约肌的不连续。乳房充填的效果仍然不甚理想，其主要原因为钙化及注射移植后不能达到预定的体积。

获取颗粒脂肪组织的方法有注射器法、电动负压抽吸法、体内外超声抽吸法、共振抽吸法、激光抽吸法、手术刀切取法等。采用注射器法获取颗粒脂肪组织操作简单，省时省力，根据麻醉方式的不同，其所获取的颗粒脂肪组织中脂肪细胞的存活率不同：采用肿胀麻醉技术，其存活率约为 70%，而且细胞团之间彼此分离，体积 / 面积增加，有利于移植后的存活；采用干性技术，其存活率可达到 90%以上，但细胞团聚集成块，体积 / 面积较小，移植后组织块中心多发生坏死，影响治疗效果。采用电动负压抽吸法、体内外超声抽吸法、共振抽吸法和激光抽吸法获取颗粒脂肪组织对脂肪细胞损伤大，其存活率仅为 20%左右，不能用于移植。手术刀切取法是将所切取的整块脂肪组织

剪碎，使之成为颗粒脂肪，但该法费时费力，多用于动物实验。研究表明，其所获取的颗粒脂肪组织中脂肪细胞的存活率与注射器法＋干性技术相当。所以，目前公认的获取供移植用的颗粒脂肪组织的最佳方法为注射器法＋肿胀麻醉技术。

获取颗粒脂肪组织的供区一般都选择在皮下脂肪较多、容易因为脂肪堆积而影响体形美观的部位。根据移植量的多寡分别选择腹部、臀部、腿部、下颌部等部位作为供区。

无菌技术是获取颗粒脂肪组织必须遵循的原则。供区严格消毒，常规铺无菌巾、单，肿胀麻醉（肿胀麻醉液配方：2%利多卡因 40ml，盐酸肾上腺素 1mg，5%碳酸氢钠 10ml，生理盐水 1000ml）至局部发白发硬。用 10ml 注射器安装带侧孔抽吸针，将抽吸针刺入供区皮下脂肪层，回抽针芯使针筒内形成负压，用纹式血管钳夹住针芯根部，以固定针芯保持负压。然后采用往复抽吸技术获取颗粒脂肪组织（参见第九章第二节）。将获取的颗粒脂肪组织转入 20ml 注射器内，用针头挑除混于其中的条索状间质组织，经生理盐水反复清洗，静置，直至去除液体部分后成高纯度的鲜黄色颗粒脂肪组织。有学者认为采用离心技术可以获得更为纯净的颗粒脂肪组织，离心转速为 3000r/min，2～3 分钟。但也有学者认为离心转速应小于 1500r/min，以避免造成脂肪细胞损伤。

颗粒脂肪组织注射移植也存在与游离脂肪组织移植和游离真皮脂肪组织移植相近似的缺点。近年来，针对颗粒脂肪组织注射移植后存活率较低的问题，经过大量实验与临床研究和探索，先后涌现出在移植的同时在移植物中加入生长因子（如 EGF、FGF、VEGF、HGF、IGF）等，或与干细胞（如 BMSCs、hUCMSCs、ADSCs 等）混合移植，或采取基因治疗、细胞治疗技术等等。上述种种方法在促进移植物血管新生、预防或减轻纤维化、提高存活率方面取得了一定的效果。

六、组织工程脂肪移植

组织工程脂肪就是利用组织工程学的原理、技术和方法，将具有脂肪生成功能的细胞与具有生物降解功能的聚合物支架相结合构建的脂肪组织。成功构建组织工程脂肪的方案需要包括以下三个方面：①种子细胞的获取；②与种子细胞具有良好生物相容性的三维支架；③调控脂肪细胞生长与分化的细胞因子。目前组织工程脂肪的构建与移植还处于实验研究阶段，选用的种子细胞包括骨髓间充质干细胞、脂肪间充质干细胞、脐带间充质干细胞、脐血干细胞等，选用的支架材料包括胶原材料、PLGA、丝蛋白等，而且将基因治疗和细胞治疗技术引入组织工程脂肪的构建工作中（详细内容参见第十三章）。

七、脂肪源性干细胞移植

干细胞是一类具有自我更新和多向分化潜能的细胞，在一定条件下，可以分化成为多种功能的细胞和组织器官。自身健康的干细胞可以替代病变的或老化的细胞，从而达到治疗目的。自 2001 年 Zuk 等在吸出的人脂肪组织悬液中首次分离并获得脂肪源性干细胞（adipose-derived stem cells，ADSCs）后，ADSCs 即成为近年来成体干细胞研究最为活跃的领域之一。ADSCs 不仅取材容易、获得率高，并且在体外具有多向分化潜能和分泌多种细胞因子等优势，在体外培养条件下可分化为脂肪细胞、软骨细胞、成骨细胞、神经细胞等。

通过吸脂术获得的 200ml 脂肪，可分离出 1×10^{6} 个 ADSCs，是骨髓分离获得干细胞量的 40 倍。ADSCs 体外培养时贴壁能力强，贴壁的细胞为梭形，似成纤维细胞样形态，呈平行排列，胞质和核仁丰富。细胞周期分析显示，G_0/G_1 期的细胞占 69%，S 期的细胞占 24%，G_2/M 期的细胞占 8%，提示 ADSCs 具有较强的再生能力。在原代培养中，平均倍增时间为 60 小时，经过 5～7 天进入快速增殖期，传代后经过 48 小时能够达到融合。ADSCs 传至第 10 代时凋亡细胞率低于 5%，传至第

15 代时仅仅增加到 15%，表明 ADSCs 的体外扩增和自我更新能力很强。

ADSCs 的获取量和分化能力受供者年龄、取材部位与手术方式的影响。年龄影响 ADSCs 的增生能力，供者的年龄越小，细胞的增生能力越好。不同部位的 ADSCs 凋亡的倾向不同，如腹部的 ADSCs 不容易凋亡。脂肪抽吸手术不会影响 ADSCs 的活性，只是吸管的粗细会影响脂肪颗粒的大小，进而影响分离的难易程度；但在超声辅助下抽脂获取的 ADSCs 增生能力降低。

ADSCs 具有分泌功能，会分泌促进血管生成的相关因子，如血管内皮生长因子、粒细胞集落刺激因子、间质源性因子-1、肝细胞生长因子等以促进血管再生。ADSCs 也能通过旁分泌作用于成纤维细胞，促进其分泌Ⅰ、Ⅲ型胶原和粘连蛋白，促进皮肤表皮细胞的成熟以利于创面愈合和瘢痕缩小。ADSCs 分泌的前列腺素 E_2 具有抑制细胞免疫反应的作用，可降低 ADSCs 的免疫原性。ADSCs 能够适应多种情况，在低糖、低氧、低谷氨酸等极端情况下仍能保持活性，但是分化能力降低。

ADSCs 在条件培养基中诱导 3～10 天后，经油红 O 染色，发现部分细胞中充满被染成红色的脂滴，并表达脂肪酸结合蛋白、脂蛋白酶和过氧化物酶体增殖物激活受体 γ2。将 ADSCs 在体外分化的脂肪细胞种植到胶原和透明质酸支架上，在体内也观察到形成了脂肪组织。用凝胶海绵作支架在体外进行人 ADSCs 成脂分化的三维培养，并用油红 O 染色法进行鉴定，经过短期培养后与凝胶海绵一起移植至免疫耗竭的小鼠背部，4 周后用生物化学和免疫组织化学的方法证实移植物转变为脂肪组织。

目前 ADSCs 的国内外临床应用仅限于病例报道和Ⅰ期临床研究。Yoshimura 等应用 ADSCs 复合脂肪组织行隆乳术，应用于 40 例患者，平均注射脂肪量为 270ml，所有患者对外形均表示满意，同时将该技术称为细胞辅助脂肪移植。Park 等将 ADSCs 注射至人鱼尾纹区真皮内，发现皱纹变浅，皮肤纹理变细腻。辅助的细胞培养体外试验和动物皮下实验证实，ADSCs 可以分泌多种生长因子，如表皮生长因子、成纤维细胞生长因子、血管内皮生长因子，进而使胶原合成和血管生成增加，使皮肤质地发生变化。有关蝾螈肢体再生的研究表明，干细胞在肢体再生的第二个阶段（胚基发育成完整肢体）发挥了重要的无瘢痕信号调控作用；而相关的研究认为，大量脂肪干细胞与相关因子的局部应用可能会产生无瘢痕愈合。新近发现的干细胞因子（stem cell factor，SCF）除能恢复造血功能外，对于一些疾病的康复（如放化疗后造血功能的恢复）、对于机体防御功能的调节以及辐射的防护方面均有良好的效果。采用大鼠亚急性衰老与普通衰老模型，经 ADSCs 异体移植后，观察其对大鼠体内自由基和免疫功能的影响；结果显示，移植 ADSCs 后大鼠血清 SOD、NO、IL-2 水平及脾脏指数均有所增高，而 MDA 含量显著降低，提示异体移植 ADSCs 可有效增强大鼠清除自由基和抗氧化能力，提高免疫功能，从而延缓 D-gal 诱发的大鼠衰老。

ADSCs 是组织工程最理想的种子细胞之一，利用脂肪干细胞和支架成功地修复了鼠、兔、犬骨缺损模型中的缺损。同时，与皮肤成纤维细胞相比，脂肪干细胞更容易转变为人工多功能干细胞（iPS 细胞），而且所转变的 iPS 细胞安全性更高，将来有望利用脂肪干细胞培育人体所需的各种器官。在今后的几年，iPS 细胞的应用研究将成为重点趋势，而 ADSCs 将有可能被称为 iADSCs，对 iPS 细胞诱导方式、干细胞治疗浓度、组织工程生物材料及其血管化、临床干细胞应用等研究都将展示人类美好的治疗前景。

第三节 脂肪移植后的转归

一、脂肪组织游离移植后的组织学变化

1 脂肪组织游离移植后的组织学变化 脂肪组织游离移植后早期，移植脂肪组织处于缺血缺氧状态。移植后4天，移植脂肪组织周围出现大量受区细胞浸润。移植后7天，可见移植物周围有毛细血管长入，切片中毛细血管扩张，管腔内充满大量红细胞。移植后14天，脂肪颗粒间隔内有较大血管生长。1个月后，可见移植脂肪中心部位有丰富的毛细血管分布。2个月后，前脂肪细胞胞浆内可见空泡样的脂滴形成，细胞体积增大，胞浆呈泡沫样改变，细胞成脂功能活跃。6个月后，移植物的基本结构与正常脂肪组织相似。

2 颗粒脂肪组织注射移植后的组织学变化 在光镜下观察颗粒脂肪组织细胞相互分离或聚集成10～30个脂肪细胞的块。注射移植后1～3天，脂肪细胞主要借助受区渗出的组织液提供营养而存活。移植后第4天开始，移植物与受区组织间的血供重建。移植后第5天可见轻微纤维变性，移植物和邻近肌肉被一层纤维薄膜包裹，但移植物具有正常的脂肪结构，脂肪细胞也呈现正常的形态；移植物中心处于缺血状态，其外周可见以中性粒细胞为主的炎性细胞浸润，也可见少量巨噬细胞；移植物外周纤维间隔可见血供的重建。移植后第10天，纤维变性加剧，移植物包膜变厚，纤维间隔增加；移植物中心脂肪细胞由于缺血缺氧出现坏死，胞膜融合；大量中性粒细胞侵入移植物中心吞噬坏死脂肪细胞，外周部巨噬细胞数量增多，并可见多核巨细胞；血供重建仍处于移植物边缘部分。研究表明，此时脂肪细胞由于缺血缺氧而释放脂质，呈现多角形或梭形，细胞核大而深染，呈椭圆形，位于细胞中央，胞质内脂滴较少，嗜酸性，即逆分化为前脂肪细胞。移植后第15天的组织学变化类似移植后第10天，但可见小囊肿形成；中性粒细胞与巨噬细胞数量相当；血供重建仍局限于移植物边缘部分。移植后第20天，纤维变性较前明显加剧，出现较厚的移植物包膜与片状纤维间隔；可见富含脂质的巨噬细胞，小囊肿数量增加；移植物中存活的脂肪细胞约为40%。移植后第40天，纤维变性遍布整个移植物，存活脂肪细胞数量进一步减少，呈岛状分布于众多小囊肿与纤维组织中；可见大量巨噬细胞吞噬坏死的脂肪细胞，多核巨细胞数量增加，呈现明显的异物反应。2个月后，前脂肪细胞胞浆内可见空泡样脂滴，显示活跃的细胞功能。100天后，前脂肪细胞胞浆内脂滴增加并相互融合，使细胞形态呈圆形，细胞核被挤向周边，又分化为成熟脂肪细胞。6个月后，前脂肪细胞大部分已分化为成熟脂肪细胞，移植物的组织结构类似正常脂肪组织结构。

二、影响移植脂肪组织体积变化的因素

1 移植脂肪组织的损伤 在切取、修剪、移植脂肪组织时毫无疑问会对脂肪组织产生损伤，尤其在抽取颗粒脂肪组织时，负压会不可避免地对脂肪细胞造成破坏，其损伤程度将直接影响移植结果。破碎的脂肪细胞越多，则移植物液化吸收越严重。为此，在切取、修剪、移植脂肪组织时动作要轻柔，尽量减轻对组织的损伤。在采用注射器法抽取颗粒脂肪组织时，特别强调在注射器中预先吸入生理盐水2ml，以缓冲负压对脂肪细胞的损伤。

2 移植脂肪组织血液循环的重建 移植脂肪组织血液循环的重建是确保移植物成活与手术成功的关键。移植物体积的大小直接影响血液循环重建的时间。移植物体积多大才能保证建立良

好的血液循环，避免移植物因血供不良而坏死、液化、吸收，影响手术效果，到目前为止仍无肯定的结论。Watson 曾移植一块 20.32cm×22.86cm×7.62cm 大小的真皮脂肪组织获得成功，但这仅为个案，多数报道仍不甚理想。颗粒脂肪组织体积小，移植于血供丰富的部位，则可以使脂肪细胞在移植后早期缺血缺氧的情况下，在移植部位获得更多的营养，增加脂肪细胞成活的数量，并通过成活脂肪细胞吸收合成甘油三酯，分化成熟后维持移植物的体积。但一次移植的数量也不能过多，否则，局部堆积组织过多，体积过大，其中心部位在缺血缺氧期将难以获得足够的营养以满足脂肪细胞代谢的需要，也难以建立足够的血液循环，必然导致脂肪细胞变性、液化、坏死、吸收，影响移植物的体积与手术效果。

3 受区条件　受区的面积、部位、血供情况与局部组织条件等均对脂肪组织游离移植后的存活情况、体积变化和手术效果具有重要的影响。应根据受区面积的大小确定移植组织的量。受区位于不易活动的部位有利于移植脂肪的固定；否则，容易因活动而移位，影响血供的重建与外形。受区血供丰富有利于移植脂肪组织在移植后早期获得充足的营养，并建立血液循环。受区局部组织如果为瘢痕组织、肌腱等，则不利于移植脂肪组织获得充足的营养与建立血液循环，尤其在颗粒脂肪注射移植时，压力过大除了会对移植组织造成额外的损伤影响成活外，更重要的是会导致移植组织向周围压力小的正常组织迁移，影响手术后的效果。

4 血肿与感染　在脂肪组织游离移植前，受区应严密止血，防止因血肿形成而影响移植物的成活。此外，脂肪组织抗感染能力差，血供也差，容易发生感染，因此，实施脂肪组织游离移植时应严格遵守无菌原则，手术后给予抗生素预防感染，一旦发生感染或形成脓肿，应尽早引流或取出移植物。

（刘毅　宋玫）

参考文献

[1] 朱盛修. 现代显微外科学[M]. 长沙：湖南科学技术出版社，1994.

[2] 侯春林. 带血管蒂组织瓣移位手术图解[M]. 第 2 版. 上海：上海科学技术出版社，1998.

[3] Stephen J. Plastic surgery: Volume 1[M]. 2nd ed. Philadelphia: Saunders Elsevier, 2006.

[4] 王炜. 整形外科学[M]. 杭州：浙江科学技术出版社，1999.

[5] 刘萍，刘毅，任文明，等. 自体颗粒脂肪移植 570 例临床总结[J]. 中国美容医学，2007，16(4)：461-463.

[6] Strem B M, Hicok K C, Zhu M, et al. Multipotential differentiation of adipose tissue-derived stem cells[J]. Keio J Med, 2005, 54(3): 132-141.

[7] Aust L, Devlin B, Foster S J, et al. Yield of human adipose-derived adult stem cells from liposuction aspirates[J]. Cytotherapy, 2004, 6(1): 7-14.

[8] Fraser J K, Wulur I, Alfonso Z, et al. Fat tissue: an underappreciated source of stem cells for biotechnology[J]. Trends Biotechnol, 2006, 24(4): 150-154.

[9] Schipper B M, Marra K G, Zhang W, et al. Regional anatomic and age effects on cell function of human adipose-derived stem cells[J]. Ann Plast Surg, 2008, 60(5): 538-544.

[10] Oedayrajsingh-Varma M J, Van Ham S M, Knippenberg M, et al. Adipose tissue-derived mesenchymal stem cell yield and growth characteristics are affected by the tissue-harvesting procedure[J]. Cytotherapy, 2006, 8(2): 166-177.

[11] Meliga E, Stream B M, Duckers H J, et al. Adipose-derived cells[J]. Cell Transplant, 2007, 16(9): 963-970.

[12] Kim W S, Park B S, Sung J H, et al. Wound healing effect of adipose-derived stem cells: a critical role of secretory factors on human dermal fibroblasts[J]. J Dermatol Sci, 2007, 48(1): 15-24.

[13] Mischen B T, Follmar K E, Moyer K E, et al. Metabolic and functional characterization of human adipose-derived stem cells in tissue engineering[J]. Plast Reconstr Surg, 2008, 122(3): 725-738.

[14] Yoshimura K, Sato K, Aoi N, et al. Cell-assisted lipotransfer for cosmetic breast augmentation: supportive use of adipose-derived stem/stromal cells[J]. Aesthetic Plast Surg, 2008, 32(1): 48-55.

[15] Park B S, Jang K A, Sung J H, et al. Adipose-derived stem cells and their secretory factors as a promising therapy for skin aging[J]. Dermatol Surg, 2008, 34(10): 1323-1326.

[16] Ogawa R. The importance of adipose-derived stem cells and vascularized tissue regeneration in the field of tissue transplantation[J]. Curr Stem Cell Res Ther, 2006, 1(1): 13-20.

[17] Helder M N, Knippenberg M, Klein-Nulend J, et al. Stem cells from adipose tissue allow challenging new concepts for regenerative medicine[J]. Tissue Eng, 2007, 13(8): 1799-1808.

[18] Boquest A C, Shahdadfar A, Fronsdal K, et al. Isolation and transcription profiling of purified uncultured human stromal stem cells: alteration of gene expression after in vitro cell culture[J]. Mol Biol Cell, 2005, 16(3): 1131-1141.

[19] Lin J, Lindsey M L, Zhu B, et al. Effects of surface-modified scaffolds on the growth and differentiation of mouse adipose-derived stromal cells[J]. J Tissue Eng Regen Med, 2007, 1(3): 211-217.

[20] Sun N, Panetta N J, Gupta D M, et al. Feeder-free derivation of induced pluripotent stem cells from adult human adipose stem cells[J]. Proc Natl Acad Sci, 2009, 106(37): 15720-15725.

第九章
颗粒脂肪移植

自体颗粒脂肪具有来源丰富、取材容易、操作简单、安全无排异反应、外形自然、手感柔软等优点，是最为理想的软组织填充材料，近年来广泛应用于整形美容外科领域。颗粒脂肪移植几乎可用于全身各个部位的软组织凹陷与缺损的填充，如面部畸形、凹陷性瘢痕、皱纹、外伤后缺损、吸脂术后皮肤凹陷等，其中比较具有代表性的是隆乳和面部年轻化的软组织填充。

应用自体脂肪移植治疗组织缺损和发育不良已有上百年的历史。最早 Neuber(1893 年)报道应用许多小块自体游离脂肪组织块填充面部的凹陷畸形获得了很好的美容效果。Czerny(1895 年)报道首例自体脂肪移植乳房重建术。Lexer(1909 年)报道应用游离脂肪块(12cm×12cm)移植治疗面部凹陷(颊部和眶下凹陷及小颌畸形)、单侧颜面萎缩等，效果满意。Brun(1914 年)报道了最早的脂肪注射技术，使用注射器将小颗粒脂肪组织注射到鼻部畸形处，这一技术的使用使得脂肪移植在 20 世纪初期甚为流行，但随着其应用范围的扩大和时间的推移，人们发现移植后的脂肪容易感染且吸收较多。Peer(1950 年)的研究发现，移植的脂肪颗粒在体积和重量上大多减少 50%以上，坏死的脂肪颗粒往往引起纤维囊性化和假性囊肿，此外，脂肪游离移植还存在液化、感染等并发症。由于疗效不够稳定，使其临床应用日趋减少。直到 20 世纪 80 年代脂肪抽吸技术的出现，使大量自体脂肪的获得成为可能，吸脂术与脂肪移植得到有机结合，使手术操作简便且一举两得。许多学者又开始重新研究脂肪移植，并有了新的进展。IIlouz、Chajchir、Elenbergen（1986 年）、Bircoll(1987 年)等提出了将抽吸所得的纯化脂肪颗粒用注射器注射到软组织缺损部位的方法，即自体颗粒脂肪注射移植。其中 Elenbergen 报道了使用直径 4～6 mm 的颗粒脂肪移植，成功地修复了面部凹陷及过深的皱纹。Bircoll 则对用颗粒脂肪注入的方法来增大乳房进行了描述，他提出有必要向患者说明的是：①手术是实验性的；②脂肪有可能被全部吸收；③可能会发生一定程度的纤维化；④有坏死和感染的可能；⑤有用手术方法取出的可能性。随之脂肪颗粒注射移植术大力开展起来。1991 年，国内戚可名等在动物实验的基础上率先在国内开展了该项技术。

1986 年 IIlouz 提出颗粒脂肪注射移植的理论，并把此种移植称为脂肪细胞移植。他认为，经过抽吸所获得的脂肪不再是一块组织，脂肪细胞彼此分离(显微镜下观察)，尽管部分细胞已无活力，但还有一些细胞完好无缺。这些活细胞被注入自体组织中，能在血供建立之前通过渗透作用保持活力，因此脂肪颗粒存活是可能的，因为自体组织实际上构成了一个植入脂肪细胞的培养基，而细胞培养基总是比一块移植物有更多的机会存活。Chajchir(1989 年)应用抽吸的脂肪颗粒注射治疗面部凹陷畸形 253 例，手术后 10～12 个月吸收率为 30%～60%，但患者满意率很高。他们认为，脂肪注射在临床应用时必须矫枉过正，过度矫正 50%是必要的。Coleman(1995 年)、戚可名(2002 年)成功地报道了自体脂肪颗粒移植隆乳的技术。自体脂肪隆乳无假体并发症的隐患，手感更自然，并且可以使患者抽出多余脂肪，填充到需要丰满的部位，一举两得的良好体形雕塑效果得到了广泛的关注。

Guerrerosantos(2000 年)总结了 16 年来 1936 例脂肪注射移植的临床经验，认为规范的操作是

脂肪注射移植成功的关键。Eppley和Ayhan(2001年)通过动物实验发现了促进脂肪颗粒存活的活性因子(细胞生长因子)和药物。肖斌(2007年)等在脂肪颗粒在不同低温条件下冻存后活力分析及移植成活率的测定研究中认为,-196℃和-80℃冻存8周后脂肪移植成活率与新鲜脂肪移植成活率相比无明显差异,适应于临床移植;而-16℃条件下冻存的脂肪颗粒活性明显下降,移植后虽可维持一定的体积,但有可能仅起到软组织填充的作用,在此温度下冻存的脂肪颗粒应用于临床注射无可行性。Yun Xie(2010年)总结了83例颗粒脂肪移植,均随访8年进行临床评估,取得了良好的远期效果。他们提出的移植技术为:用注射器低压抽吸获取脂肪,再经低速离心处理,通过每次低容量地将处理过的脂肪注射到面部受区,做到多隧道、多平面、多点注射,即"三低"(低压抽吸、低速离心、低容量注射)和"三多"(多隧道、多平面、多点注射)技术。Ohara(2010年)等提出了单房脂肪细胞移植的概念,通过酶学消化的方法将脂肪组织消化成单房脂肪细胞后移植,这样移植后的脂肪细胞可以在受区范围内自由地移动,从而保证了每个脂肪细胞都能和周围的组织液充分接触,并从中吸取营养,有效地避免了移植早期由于移植物和宿主受区部位还未建立血供所引发的移植物坏死,尤其是有效地避免了移植物中心坏死的发生,从而提高了移植成活率。

近十余年来为能提高颗粒脂肪移植的存活率,在脂肪颗粒抽吸、制备、注射方法及注射器械上的研究均有了新的突破,至此,颗粒脂肪移植技术日趋成熟,现已广泛应用于整形美容外科。

颗粒脂肪移植的适应证为:①面部软组织缺损、凹陷畸形及面部年轻化的治疗,如先天性额、颞、眼睑、颧、颊、颏部的凹陷、缺损或畸形,外伤或手术引起面部凹陷畸形、凹陷性瘢痕等;半侧颜面萎缩、上唇过薄、人中过短、耳垂较小及额纹、眉间纹、鱼尾纹、颈部皱纹和鼻唇沟过深;②小乳症、先天性乳房发育不良、哺乳后乳房萎缩、双侧乳房大小不对称、乳头凹陷畸形等;③身体其他部位的软组织凹陷,如臀部、四肢软组织凹陷,脂肪抽吸术后局部凹凸不平等;④手部软组织萎缩(鸡爪手);⑤生殖器的改形塑造,如阴茎增粗,阴道松弛、萎缩等。

第一节 术前准备

一、术前检查

(一)体格检查

1 详细询问病史,检查患者凹陷畸形与缺损的部位、范围、深浅度、皮肤质地及周围组织的一般状况等,观察患者全身脂肪分布情况、皮下脂肪含量,确定供区的部位。检查术区与供区术野有无感染、炎症及皮肤破损等不良反应。

2 常规记录体温、脉搏、呼吸、血压等生命体征,询问既往有无心、脑、肾、肝等脏器疾病史,有无高血压、糖尿病、心脏病、传染性疾病、精神病史及药物过敏史等,是否瘢痕体质及近期服药史(如阿司匹林、双嘧达莫、激素类及中药丹参等活血药物)。

3 询问月经史,女性患者手术应避开经期。

(二)实验室检查

1 常规行血常规、出凝血时间、肝功能、心电图等检查。

2 根据患者的具体情况、特殊病变部位,必要时行其他实验室检查及CT、B超、磁共振检查等。

二、术前谈话与签字

为了保证整形美容手术的顺利实施并取得预期效果，使受术者与术者都慎重、正确地对待手术，并使受术者能详细、全面地了解手术及预后情况，避免术后发生一些不必要的麻烦和纠纷，手术前谈话与签字十分重要。术前，受术者难免有紧张、担心等情绪，或对手术中疼痛的恐惧及治疗效果的各种顾虑，因此，医师应从关怀的立场出发，就病情、施行手术的必要性、可能取得的效果、手术的危险性、可能发生的并发症、术后恢复的过程、恢复所需时间和注意事项等，以恰当的言语对受术者作耐心周到的解释，讲明颗粒脂肪移植具有安全、无排斥性、外形自然等优点，对可能发生的问题，如移植后因脂肪血供差、吸收率高，有再次手术的可能性，以及吸收率在不同个体亦存在不同差异等问题进行客观的讲解，以取得受术者的信任和配合，使其能以积极的心态接受手术、消除顾虑和正确对待治疗。

通过术前谈话可以全面了解患者的就诊动机、愿望与要求、心理状态与审美观。有机构研究指出，整形美容受术者 50%以上有个性异常现象。对于期望值过高的患者，应讲明医师不可能像雕塑家一样，随心所欲地对人体组织进行重塑；医师虽尽最大努力手术，但由于个人审美观念的不同和现行医疗水平所限，也不一定能完全满足患者的要求，有可能出现不理想的方面或出现并发症。

术前谈话要实事求是、认认真真地讲明治疗的方法与术后能达到的效果，同时让受术者了解到整形手术可能会有出血、感染、外形不满意、双侧不对称、麻醉意外或其他意外情况等，对于术后短期内的肿胀、淤血等反应及术后切口瘢痕需要 3～6 个月的恢复期等应有充分的心理准备，同时要做好术后康复的指导工作。

手术知情同意书一签订，就可产生法律效应，为日后一旦发生的医疗纠纷找到保障与解决的途径。同时术前同意书的签订并不意味医师可以少负责任或不负责任；相反，医师应严格执行协议中应尽的义务，尽量完成好手术。受术者在术前知情同意书上签字后，当遇到不满意的手术结果时，也应履行自己所签订的协议。手术知情同意书应妥善保存，由专人管理登记归档。

三、颗粒脂肪移植量的评估

进行颗粒脂肪移植前，移植量准确、适度的评估是手术成功的重要部分。目前对颗粒脂肪移植量的评估尚无统一标准。以往，我们将超量 20%注射作为原则，因颗粒脂肪的吸收率较高，有报道可高达 30%～70%，我们经大量临床实践总结应超量注射 1 倍，才能达到良好的治疗效果。

术前应仔细检查术区凹陷、萎缩、瘢痕粘连的程度，明确是软组织缺损还是骨缺损，估计应填充的脂肪量。一般通过触摸进行检查和估计，必要时通过 X 线、超声、磁共振或其他检查以明确损伤情况。另外，可采用术前受区注射生理盐水的方法进行颗粒脂肪注射量的评估。具体方法是：术前一天，分别在站立位、坐位、平卧位用亚甲蓝标记出受术区的部位、范围（图 9-1～图 9-3），局部常规消毒后注入生理盐水模拟术后效果（图 9-4～9-7），评估需要注射的颗粒脂肪量，第二天待盐水完全吸收后再根据注水量与患者的具体要求实施手术（图 9-8、图 9-9）。确定凹陷部位的实际组织缺损量也可用橡皮泥或石膏法评估，先将凹陷填平，视橡皮泥、石膏的量为组织的实际缺损量。

颗粒脂肪超量的多少应在术前与受术者充分沟通交流，讲明因脂肪吸收受多种因素的影响，且差别较大，术前无法精确预测术后脂肪吸收量，有再次手术的可能性，同时也可根据受术者的接受程度及注射部位综合考虑颗粒脂肪移植量的多少，以免发生不必要的纠纷与麻烦。



图 9-1 术前面部凹陷处标记



图 9-2 术前颈部凹陷处标记

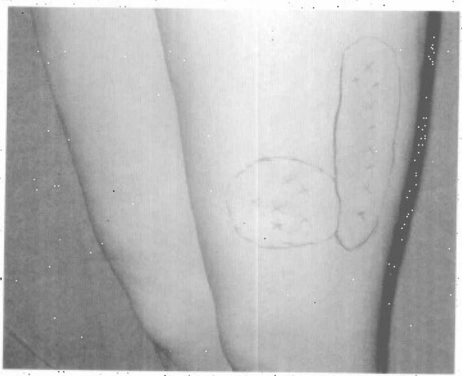


图 9-3 术前大腿吸脂术后凹陷处标记

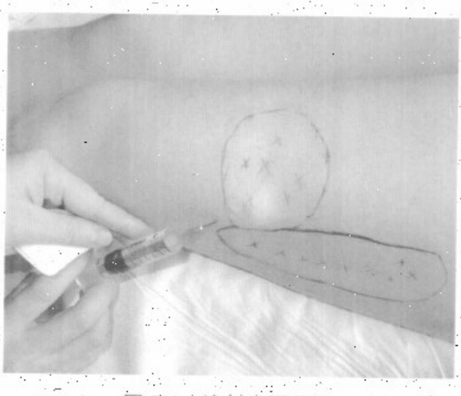


图 9-4 注射生理盐水

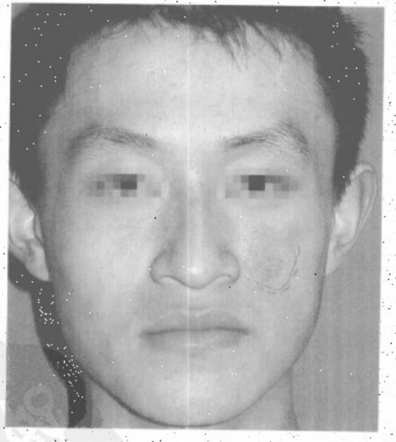


图 9-5 面部凹陷术后效果模拟

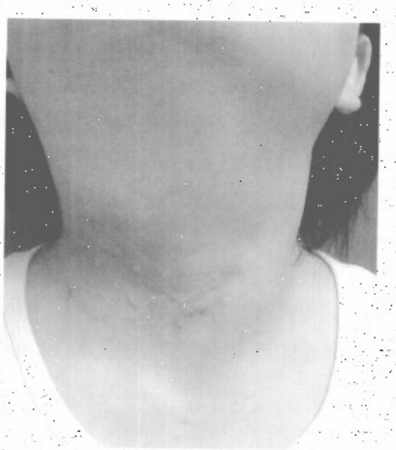


图 9-6 颈部凹陷术后效果模拟

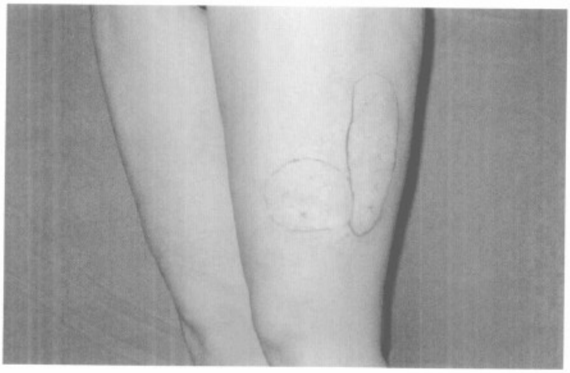


图 9-7 大腿凹陷术后效果模拟



图 9-8　颗粒脂肪注射 1 次后 2 个月

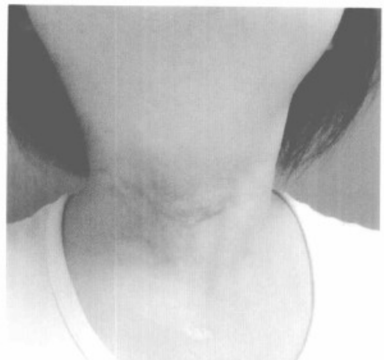


图 9-9　颗粒脂肪注射 1 次后 3 个月

四、术区准备

整形外科治疗范围较广泛，包括头面、五官、四肢和躯干等身体各部分，因此，术前应依照不同解剖部位的特点与手术要求做好皮肤准备。颗粒脂肪移植的注射进针点多选择在发际内较隐蔽的部位。检查供受区局部有无感染病灶、毛囊炎、皮损等，如有，应暂停手术。若需多次注射治疗的，如自体脂肪颗粒注射隆乳术，术前应用拇指和食指捏起皮肤与皮下脂肪，通过估计脂肪的厚度选择供区，合理安排每次的取材部位，以保证每次获取足够量、质量优良的脂肪颗粒。尤其是对于体形偏瘦、脂肪来源较少的受术者，更要全面规划好每次取材的部位。

术前一天常规清洁皮肤，嘱患者理发、洗澡。面、颊、唇、鼻和眼睑等面部手术时，男性患者需剃须、理发。额颞颊区手术，术前三天每天用 1:5000 苯扎溴铵溶液浸泡头发 30 分钟，清净术区。

五、照相

照片是美容外科病例记录主要的资料之一，包括术前、术中、术后照片。它不仅可以直观反映手术前后的效果，便于总结经验，进行学术交流，同时也有利于提高医师的手术技巧。手术前后的照片对比还可作为患者与医师在对手术效果看法不一致时的公证资料，以有效避免医疗纠纷发生。为了更好地反映手术后效果，不仅要拍摄拆除缝线后的照片，还应设法拍摄术后 1～3 个月、半

年或一年后复查的远期效果照片，因整形美容手术近期、远期手术效果往往差异较大。

1. 照相中的特殊要求 拍摄环境应使患者感到舒适自然，尊重其隐私权。拍摄时需注意局部整洁，注意衣服和头发的整洁。应突出重点，以最大限度地利用取景画面并减少衬托杂景，并能明确地表现解剖位置，清楚地显示畸形、缺损的形象特点与功能障碍。同时注意灵活运用横幅或立幅画面，如照双颞部时可采用横幅，拍摄腹部抽脂区时则应选用立幅。注意在同一张照片内要包括健侧与患侧，如双侧面颊、双侧肢体等。对术前、术后的照片，拍摄时还应注意部位、距离、角度、画面大小、用光、位置、范围、背景等方面的条件要尽量保持一致，以便于更好的对比。一位受术者的照片应该包括供受区正位、90°侧位及45°斜位的一组照片（图9-10）。

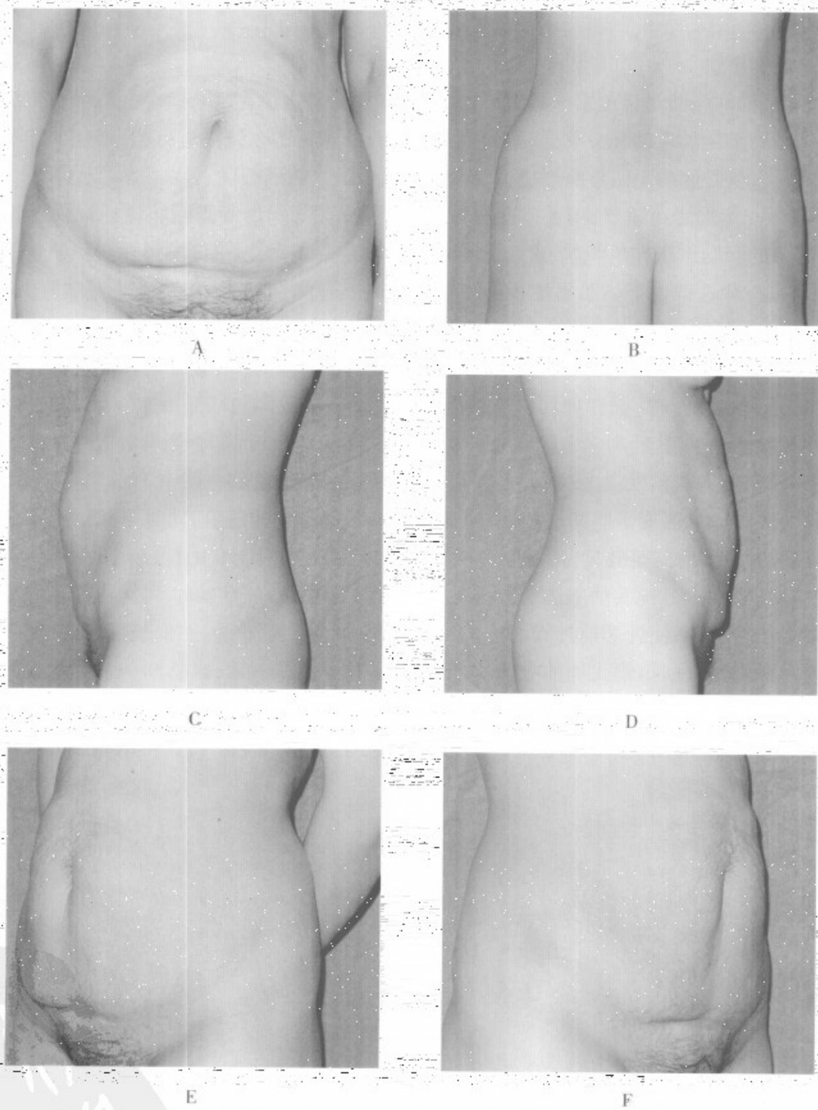


图9-10 腹部抽脂前照相

A. 正位 B. 正后位 C. 左侧位 D. 右侧位 E. 左斜位 F. 右斜位

2 注意患者的肖像权问题 术前应与患者讲明，该照片作为医疗资料保管，医院有权选作学术交流资料或医学刊物、书籍刊用，并请患者签字。所有的照片均应进行很好的分期、分类、编号、归档后妥善保存。

第二节 颗粒脂肪的取材与处理

一、取材

（一）注射器法

注射器法抽取脂肪是目前临床最常用的方法。注射器负压小，吸脂针直径细，对脂肪细胞损伤小，有利于脂肪细胞的存活和分化。注射器抽吸脂肪是在密封的系统内进行的，可减少脂肪污染的机会。同时具有供受区均无明显瘢痕遗留、操作简便、可重复性强等优点。

具体方法：常规消毒铺单，用亚甲蓝标记需充填的范围，根据所需脂肪量标记供区的抽吸范围。不同部位的脂肪组织在组织学、生物化学等方面存在差异，所以供区的选择对移植物的存活率有较大影响。一般选取皮下脂肪易堆积的腹部、臀部、股外侧、后腰部及大腿外侧作为供区（图9-11、图9-12），此类部位脂肪组织蛋白酶活性高于其他部位，有利于移植后脂肪细胞的存活，同时亦便于手术操作。腹部切口应选择在两侧髂骨旁或脐周，长2～4mm。后腰部切口应选择在两侧腰臀交界处，长2～4mm。臀部、大腿处切口应选择在臀股部与腹股沟的褶皱外1/3处，长2～4mm。按1000ml生理盐水＋2%盐酸利多卡因40ml＋0.1%肾上腺素0.5ml配制肿胀麻醉液，注入供脂区行局部肿胀麻醉，至皮肤稍发白、发硬为止（图9-13）。采用肿胀麻醉将大量含有低浓度利多卡因、肾上腺素的盐水注入术区皮下脂肪层浸润，避免了全麻手术潜在的危险，同时可起到减少术中出血及术后疼痛的作用。麻醉生效后，用20ml注射器连接带侧孔的吸脂专用针（用20号排气针自制而成）抽吸脂肪（图9-14）。钝头的吸脂长针插入皮下脂肪组织内，连接20ml注射器，向后拉出针芯，用蚊式钳夹住针芯柄，使针芯前针管内形成负压。一手握住注射器，一手提起吸脂区，使吸脂针在脂肪层内由深到浅来回拉锯式地抽吸脂肪；或一手平放于皮肤表面，以感知和掌握抽吸的方向及深度，一手呈均匀扇形隧道式抽吸，勿使用暴力。有鲜红色血液吸出时注意更换针头方向与部位，并及时行压迫止血。已抽吸过的部位亦应适当加压，防止渗血。在同一部位抽吸脂肪时应由深层至

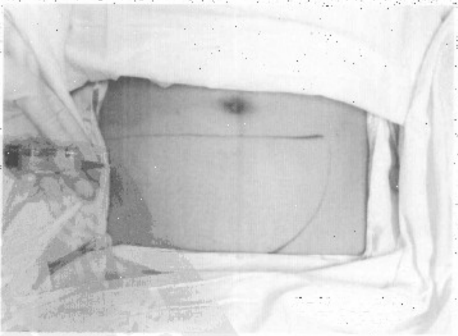


图9-11 腹部供区

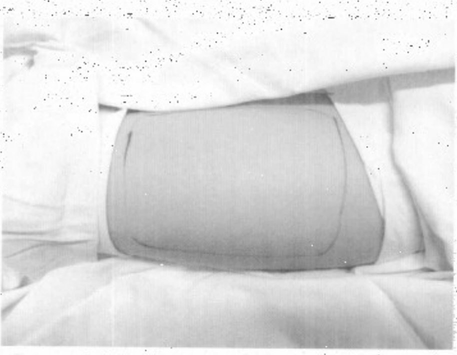


图9-12 大腿供区

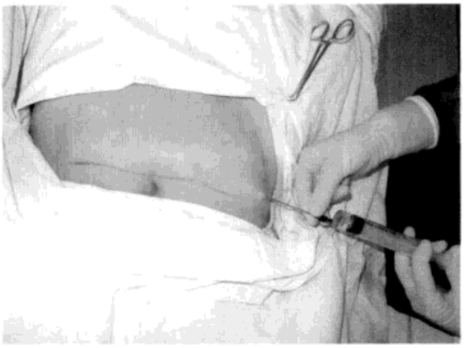
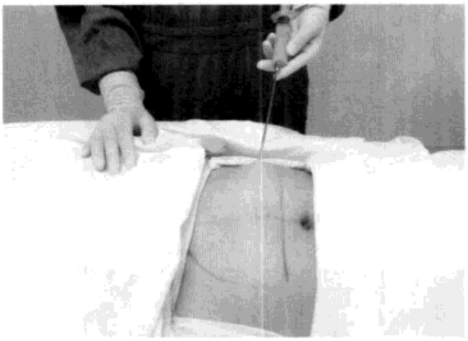
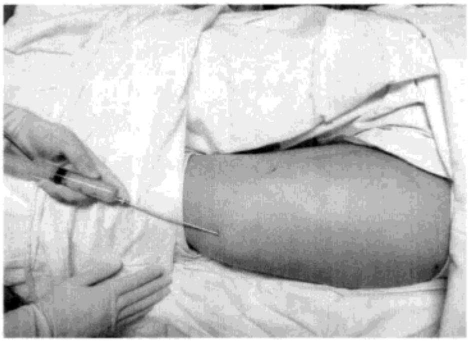


图 9-13　供区注射肿胀液



A



B

图 9-14　注射器法抽吸取材
A. 抽吸腹部颗粒脂肪　B. 抽吸大腿外侧颗粒脂肪

浅层循环一次性抽吸，抽吸到浅层脂肪时，以不损伤真皮下血管网为度，一般至少保留 1～1.5cm 皮下脂肪。应避免抽吸层次不均匀，引起高低不平整。

（二）电动吸脂法

电动吸脂法是指通过超声、电子、共振等机械方法抽吸脂肪，经过纯化处理，获取脂肪颗粒的方法。其优点是可以一次性获取大量可供移植的脂肪组织，同时进行躯体吸脂减肥，一举两得。但此类吸脂法会损伤大量的脂肪组织，使细胞破裂、磨损，活性降低，虽然能够维持细胞结构的完整性，但可能不利于脂肪细胞移植后的存活。

（三）手术刀切取法

通过手术切取脂肪块或真皮脂肪块，进行脂肪块移植。此方法创伤较大，有手术瘢痕遗留，且供区可能造成继发性缺损，因此临床极少应用。

二、纯化处理

（一）静置沉淀法

注射器抽吸出来的内容物除脂肪外，还混有血液、肿胀液、破裂脂肪细胞的脂滴及纤维组织碎块，为保证颗粒脂肪颗粒的完整性，提高颗粒脂肪移植的存活率，注射移植前需行纯化加工。静置沉淀法是目前临床最常用的纯化方法。选用 4～5 个 50ml 注射器，拔除针头后倒置于试管架上，将

吸出的脂肪注入立于试管架上的50mL注射器针管中，加入4℃生理盐水进行反复清洗、静置、过滤、沉淀、纯化(图9-15)，并轻柔搅拌，将其中条索状的纤维结缔组织用长针挑除(图9-16)，以避免注射时堵塞针头，造成注射困难与注入不均匀，影响手术效果。将沉淀后的上层灰白色脂肪碎粒滤弃，使冲洗液变清亮，使脂肪呈颗粒饱满的纯黄色脂肪颗粒，备用(图9-17、图9-18)。在沉淀后将最上层液状脂滴组织弃去，选用中下层颗粒脂肪移植，因其中富含前脂肪细胞颗粒，具有更强的生存活性，有利于提高脂肪移植的成活率。



图9-15　用生理盐水反复冲洗沉淀纯化

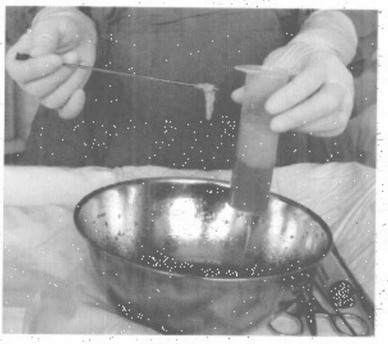


图9-16　挑出杂质

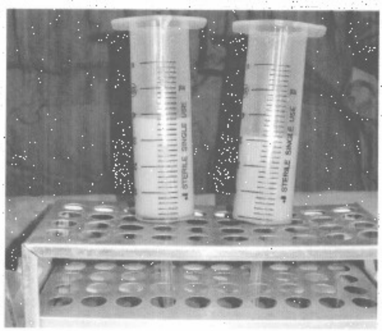


图9-17　纯化成颗粒脂肪

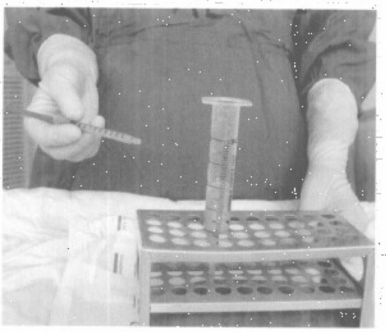


图9-18　吸入注射器备用

（二）离心法

将抽吸出的脂肪颗粒混合物用离心机匀速离心后，去除上、下层的杂质，获得中层纯净的颗粒脂肪，再进行注射移植。此法可以较多地去除杂质而获得高纯度的脂肪颗粒。但有研究表明，无论经高速离心还是低速离心(600～4000r/min)，脂肪颗粒的活性均会受损，且不能完全恢复，建议临床慎用。

（三）漂洗法

将抽吸的脂肪颗粒混合物放入容器内，用生理盐水反复冲洗后，捞取上层飘浮脂肪颗粒进行注射移植。该方法对细胞损伤较大，亦增加了脂肪污染的概率。

（四）过滤纯化法

以几层纱布作为过滤器，用生理盐水反复冲洗过滤所抽吸的脂肪颗粒混合物后进行注射移植。但简单的纱布过滤不易获取纯净的颗粒脂肪。

（五）吸水纸法

将抽吸的脂肪颗粒混合物放入容器内，用吸水纸吸除其中的血液和其他液体后，直接放入注射器内进行注射移植。该方法不能获取最佳颗粒脂肪，对团状、条索样组织不予处理，影响颗粒脂肪移植的存活率。

第三节 颗粒脂肪注射移植

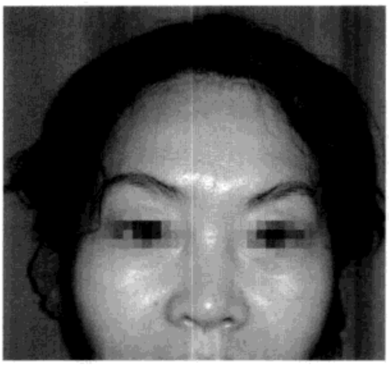
颗粒脂肪注射移植具有如下优点：①符合原则，即将其他部位丰富或过剩的脂肪组织移植到软组织缺乏的部位；②采用自体同类组织充填缺损，其形态、质感与周围组织一致；③节俭原则，将既往脂肪抽吸所丢弃的正常组织再利用，重塑形体或矫正缺陷，体现节俭的实质；④供区达到理想的外形；⑤属于自体组织移植，适用于充填全身任何部位的凹陷，移植脂肪有较大比例的存活，并可重复注射；⑥颗粒脂肪容易获得，组织损伤小，费用较低，无严重并发症。本节重点介绍颗粒脂肪注射移植中的技巧与注意事项，详细内容参见第十章。

一、颗粒脂肪注射丰颞术

颗粒脂肪注射丰颞术适用于：①颞部软组织凹陷及先天性三角形面形要求丰颞者；②外伤所致的颞部骨性凹陷，没有必要植骨但要求矫正凹陷者。

（一）注射方法

先用亚甲蓝标记出抽脂的范围，两侧颞部约需要脂肪 8～20ml。小范围的供区吸脂术一般在局部浸润麻醉下进行，用 20ml 注射器在负压下抽吸腹部或腿部脂肪，再进行纯化处理成颗粒脂肪。在颞部发际缘进针点处注射 0.5%利多卡因 0.2ml 后，用 12 号钝头带侧孔的注射针沿进针点进针至受区最远端，连接装有脂肪的 2.5ml 注射器，边向外退针边缓慢均匀地呈扇形注入颗粒脂肪。注入层次为颞浅筋膜浅层，一般超量注射 30%左右（图 9-19～图 9-21）。



A



B

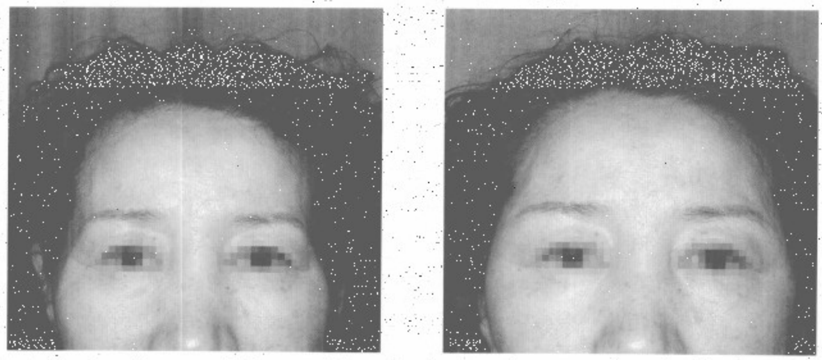
图 9-19 颞部颗粒脂肪充填术

A. 术前，颞部凹陷 B. 术后 6 个月



图 9-20　颞部凹陷畸形，颗粒脂肪注射充填手术全过程

A、B、C. 术前　D. 大腿供区　E. 颗粒脂肪抽取　F、G、H. 术中标记　I、J、K. 注射后即刻　L. 术后 3 个月



A B

图 9-21 颞部凹陷畸形，颗粒脂肪注射充填手术前后
A. 术前正位 B. 术后正位

（二）注意事项

1 术前画线标记需充填范围（图 9-22），按前述方法于手术前一日准确评估注射量。因无法预测移植颗粒脂肪的吸收量，术前应与患者沟通，讲明再次手术的可能性。



图 9-22 移植前标记充填范围

2 术中操作必须严格无菌，防止感染。一般超量注射 20%～30%的颗粒脂肪充填凹陷。

3 额骨较狭窄前突者，充填颞部时向上向两侧额部延伸注入少量脂肪可使面部曲线自然流畅。但需小心，勿误伤面神经额支。

4 术毕应检查充填区是否平整，如不平整可适度按摩使脂肪均匀分布。注射后应无硬结、包块。

二、颗粒脂肪注射面颊部凹陷矫正术

面颊部凹陷畸形包括单侧或双侧颜面萎缩，如进行性单侧颜面萎缩、面部软组织发育不良、面颊部软组织缺损（如皮下脂肪组织或肌肉缺损）所引起的凹陷畸形以及鼻唇沟过深等，均可选择颗粒脂肪注射移植的方式予以矫正。

（一）注射方法

用亚甲蓝标记出颜面萎缩部位或颞、颊、额、鼻唇沟等凹陷部位，缺陷最明显处要突出标记，以便重点注射。选用1%利多卡因加1:1000肾上腺素在进针处作局部浸润麻醉。面颊部注射点可选在耳垂下端隐蔽处或口角唇线处；颞、额的注射点可选在接近注射区的头发内或发际处，鼻唇沟注射点可选在鼻唇沟的下端或与鼻翼的交界处，瘢痕区注射点可选在附近隐蔽部位或瘢痕边缘等（图9-22）。面颊部脂肪注射移植时，用注射针连接2.5ml注射器，进行多隧道、多点、扇形注射，注射层次为皮下、面部表浅肌肉腱膜系统筋膜下。鼻唇沟过深时，可将脂肪注入鼻唇沟皮下。瘢痕或外伤性软组织凹陷时，可将脂肪直接注入凹陷的组织下。注射较为困难的部位可预先用注射针头穿刺形成多处小隧道，以便于脂肪颗粒注射。注射时边推注脂肪边适度按压，使其分布均匀。注射完毕后，局部适度按摩，使术区平整，外形流畅，无硬结，面部表情自然。注射量应超出缺损体积的20%～30%（图9-24～图9-27）。

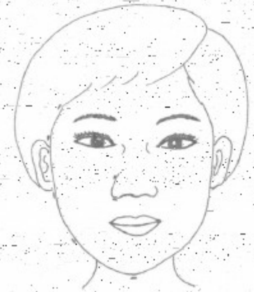


图9-23 面部凹陷脂肪注射入路



图9-24 面颊部注射充填



图 9-25　双侧颊部凹陷畸形颗粒脂肪注射充填手术前后
A、B、C. 术前　D、E、F. 注射后即刻　G、H、I. 术后 3 个月

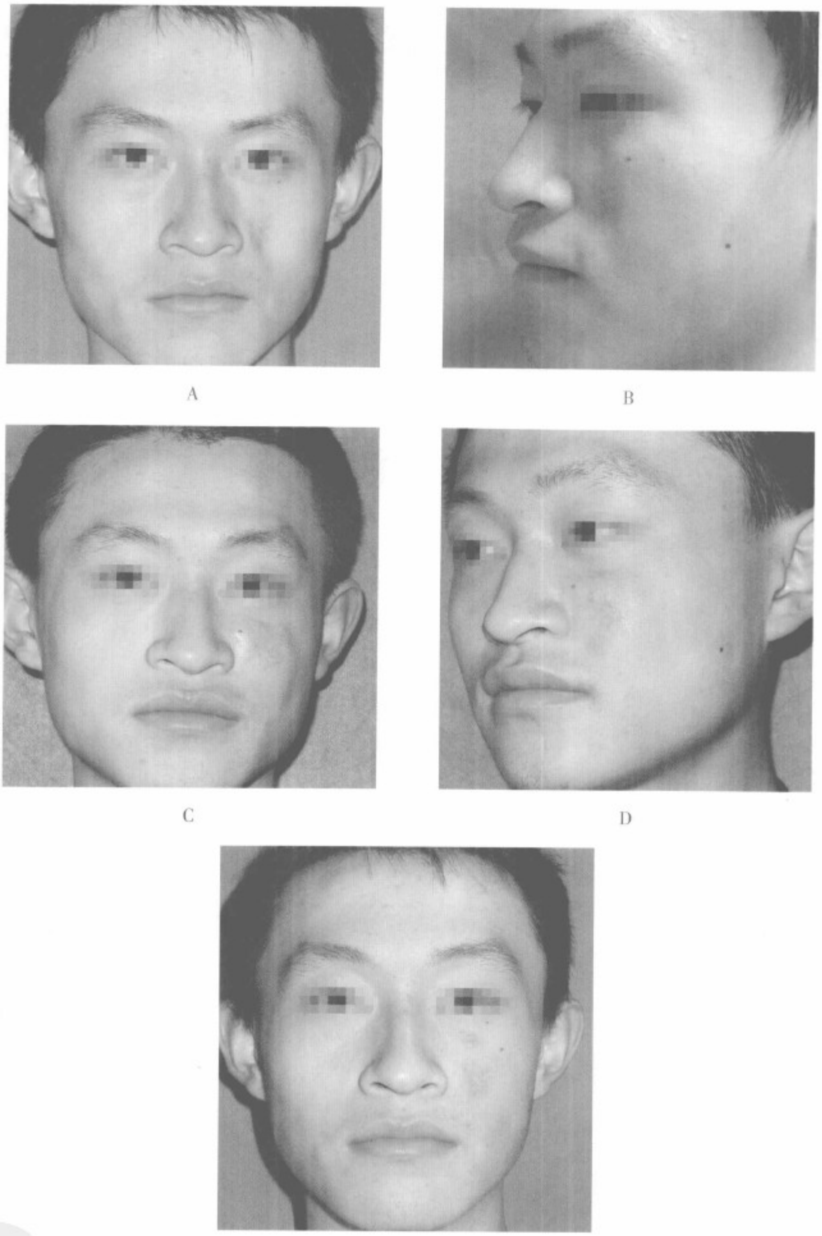
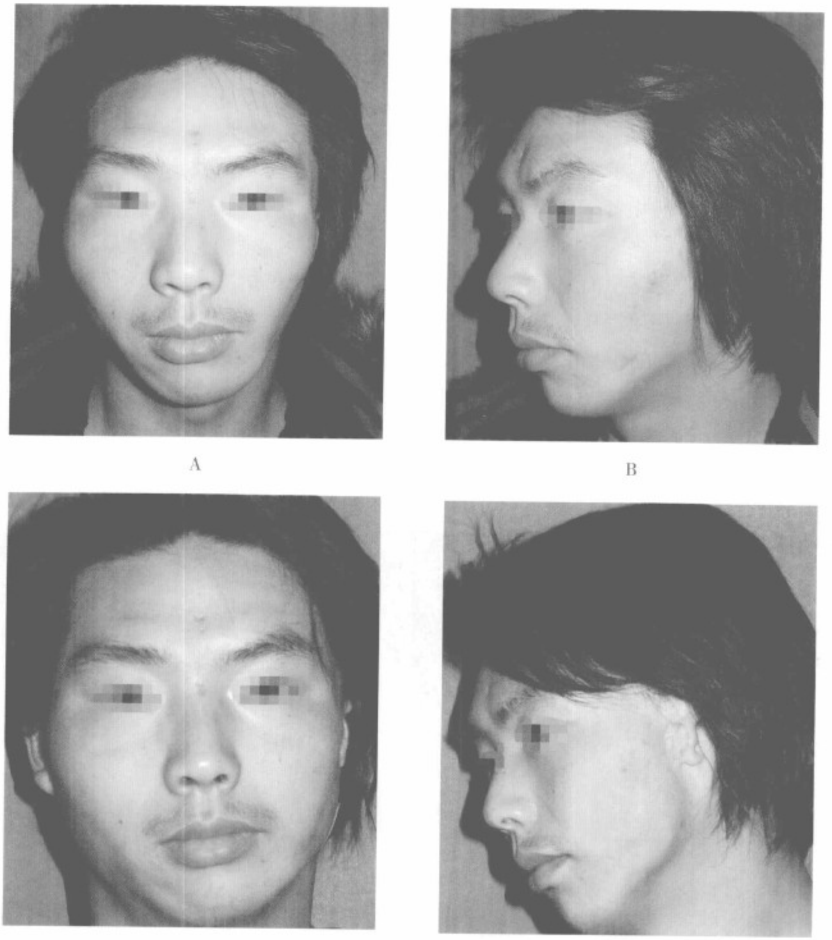


图 9-26　左侧面颊部瘢痕性凹陷畸形颗粒脂肪注射充填手术前后
A、B. 术前　C、D. 注射后即刻　E. 术后 3 个月



A　B　C　D

图 9-27　左侧颜面短小畸形颗粒脂肪注射充填手术前后
A、B. 术前　C、D. 术后

（二）注意事项

1 术前与患者进行充分交流，使其了解自体脂肪的吸收性。讲明手术在门诊进行，一般为局部麻醉下操作，较痛苦，力求患者的理解与配合。手术可能需 2～3 次完成，每次注射间隔 3～6 个月。

2 面部血供丰富，注射时注意回抽注射器，尽量避开血管处，以减少出血。因为术后一旦出现血肿，不但会影响面部外观，而且会增加脂肪的液化及吸收率。

3 颊部凹陷注射应避免过深，尽量位于真皮下，以免注射后在口腔黏膜下形成脂肪团块影响咀嚼。注意注射方向平行于面神经走行方向，避免面神经损伤。注射时避免损伤血管，注射方向呈扇形。

4 术中操作必须严格无菌，防止感染。萎缩的瘢痕处、鼻翼旁和上唇部组织致密，因而注射较为困难，可适当加大注射压力，同时注意固定针头，以免脂肪溢失。

5 注射完毕按摩受区，使其平整、外形自然流畅。术后移植受区局部制动一周。

6 随访结果显示，颊部、颌部注射后脂肪存活率较高，额部、鼻唇沟处效果较差，这可能与额部皮下组织少、血供不佳有关。要获得较高的满意率，需多次注射。

三、颗粒脂肪注射面部除皱术

颗粒脂肪注射面部除皱术主要适用于面颈部皱纹，包括额部、眉间及鼻唇沟皱纹，鱼尾纹；面部消瘦、老化，需面部年轻化者。

（一）注射方法

术前站立位或坐位标记出面部需充填部位。在局麻下进行手术。在腹部或大腿部抽取自体脂肪，进行加工纯化处理，用生理盐水清洗脂肪沉淀至纯黄色脂肪颗粒。将制备好的纯化脂肪颗粒移植到受区部位，根据术前估计量注入脂肪。皱纹充填量一般为 1.5～2ml，其中额部皱纹 1.5～2ml，鼻唇沟皱纹 2.5～3ml，眉间皱纹 1.5～2.5ml，鱼尾纹 1.0～2.0ml。注射前先将皱纹处皮肤与皮下组织进行适当的分离，再将脂肪颗粒缓慢均匀地注入，边注射边按压至皮肤平整。注射进针点选择较隐蔽处，如发际缘、鼻翼旁（图 9-28～图 9-31）。





H I J

图 9-28 双侧鼻唇沟颗粒脂肪注射充填手术

A、B、C. 术前 D. 下腹部供区抽取脂肪 E、F. 注射用颗粒脂肪的纯化处理 G. 鼻唇沟注射充填 H、I、J. 注射后即刻



A B C D

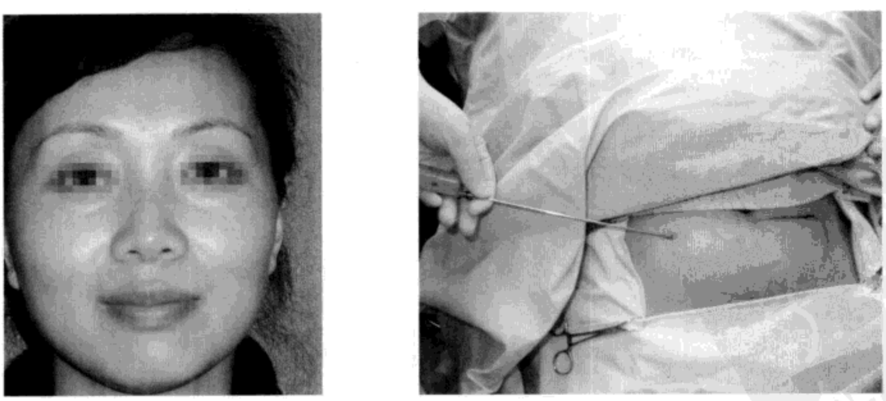
图 9-29 双侧鼻唇沟颗粒脂肪注射充填手术前后

A、B、C. 术前 D. 术后 3 个月



A B C D

图 9-30 双侧鼻唇沟颗粒脂肪注射充填手术前后
A. 术前 B. 术前(微笑) C. 注射后即刻 D. 注射后即刻(微笑)



A B



C　　D　　E

图 9-31　双侧鼻唇沟颗粒脂肪注射充填手术前后

A. 术前　B. 下腹部供区抽取颗粒脂肪　C. 颗粒脂肪注射　D. 注射后即刻　E. 术后 3 个月

（二）注意事项

1 面部轮廓由面部骨支架和覆盖其上的软组织所组成，随着年龄的增大，骨支架及软组织随之发生变化，导致面部轮廓的改变及老化的出现。多年以来，对于面部老化的求美者多采用除皱术使面部年轻化。然而，面部老化不仅仅是由于重力作用的长期影响，而且与面部软组织萎缩松弛有关。面部皮肤老化的病理表现有皮肤变薄、弹性降低、皮下脂肪萎缩、深层软组织松弛下垂等，传统的面部除皱手术可以有效改善软组织松弛下垂，但对于皮下脂肪萎缩所引起的上睑、颞部、颊部的生理性凹陷没有改善作用，因此，恢复面部软组织的体积可望改善面部老化及面部轮廓。在各种组织充填材料中，自体脂肪以其来源广、取材方便、无免疫性、组织相容性好等无可比拟的优点被广泛应用于面部老化及面部轮廓的改善。鼻唇沟位于内外侧分区的分界线，由于其特殊的位置和解剖特点，传统除皱术改善鼻唇沟皱纹的效果较差。大多数颈部皱纹是与生理性皮纹一致的自然性皱纹，大范围的颈部除皱术并不适合尚年轻、下垂畸形不严重的患者，而自体脂肪颗粒局部注射可以有效解决传统除皱术面临的以上难题。术前应将脂肪组织移植存在高吸收率的问题与患者进行充分交流，使其了解手术过程，理解多次手术的可能，积极配合手术治疗。

2 面部血供丰富，注射时注意回抽注射器，尽量避开血管处，以减少出血。因为术后一旦出现血肿，不但会影响面部外观，而且会增加脂肪的液化及吸收率。

3 注射完毕按摩受区，使其平整、外形自然流畅。术后移植受区局部制动一周。

4 面部皱纹的填充大多数可以取得良好的术后效果，且效果较注射 A 型肉毒素长久；但额部、眉间、鼻唇沟、鱼尾纹很深时，充填后只能使皱纹变浅，不能达到完全消失。有研究发现，将充填剂与 A 型肉毒素联合使用治疗面部比较深的皱纹，其效果更好、更持久。

四、颗粒脂肪注射眼睑凹陷矫正术

颗粒脂肪注射眼睑凹陷术主要用于：①行重睑术、眼袋整形术及切眉术后伴有轻、中度的上下睑凹陷；②中老年人退行性变、衰老、脂肪萎缩造成的上下睑凹陷；③外伤、手术、眼疾造成上下睑凹陷，而非骨缺损，只是软组织缺少者。

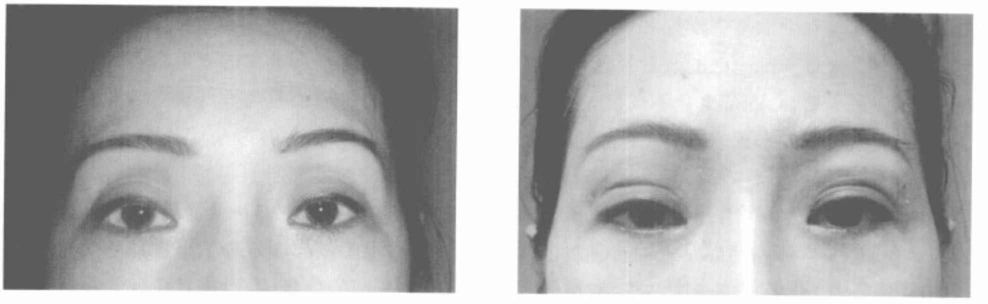
（一）注射方法

术前站立位标记上睑需充填的范围（图 9-32）。抽取自体脂肪约 8～12ml，去除非脂肪组织，用生理盐水漂洗脂肪颗粒沉淀至纯黄色备用。用钝头的侧孔注射针连接 2.5ml 注射器作穿刺，穿刺点



图 9-32　上睑凹陷的脂肪充填

在外眦部眼眶外侧壁内缘，穿入皮肤后穿刺针沿眼球和眼眶外上方壁间隙向上方行进，穿透眶隔时有穿过阻力后的落空感。将穿刺针在眶隔内横行至标记线内侧端，边均匀推注脂肪边退出穿刺针至标记线外侧端。每侧上睑根据患者的情况注入脂肪 2～3ml。在凹陷边缘选择较隐蔽处作进针点，一般上睑选择在重睑线上，下睑选择在离下睑缘 1.5mm 处，如眼袋切口的外眦端。此外，也可将脂肪颗粒注射到眶隔内，以达到矫正凹陷的目的(图 9-33)。



A　　B

图 9-33　颗粒脂肪移植充填上睑凹陷

A. 充填前　B. 充填后

（二）注意事项

1 预防出现上睑局部不平整　出现上睑局部不平整的原因主要是：①注射时不均匀，使注入的颗粒脂肪在局部堆积或局部充填不足；②注射层次过浅；③上睑成形术后眶隔内或上睑皮下瘢痕粘连，颗粒脂肪注入后可能因此而不能均匀分布，这也提示颗粒脂肪注射治疗重睑术导致上睑凹陷出现不平整的可能性较大。

2 预防产生上睑不对称　出现上睑不对称的原因是：①颗粒脂肪注入后两侧存活率不一致；②两侧注入颗粒脂肪的层次不一致；③注入两侧的颗粒脂肪可能因含水量的不同而导致脂肪量的不同。

3 预防脂肪位置过浅　脂肪位置过浅主要表现为皮下可以看出注入的脂肪团块痕迹，同时也给人以上睑不平整的感觉。注入的脂肪团块可随眉毛的用力运动而上下移动。其原因为术者对脂肪注入的深浅度经验不足，因过度担心注射可能损伤深部组织而导致注射过浅。

4 预防上睑臃肿　上睑臃肿表现为颗粒脂肪移植术后 2 个月，形成外观类似因上睑眶隔内脂肪过多所致的先天性上睑臃肿(水泡眼)，可同时伴有不平整。受术者大多接受过二次脂肪充填。其原因在于：①注入的颗粒脂肪量过多，尤其是第二次脂肪注射量过多；②注射的颗粒脂肪存活率

不一样；③重睑手术后上睑凹陷者因上睑眶隔内或皮下瘢痕粘连导致脂肪在上睑局部堆积而出现臃肿和不平整。

5 预防脂肪误注于外眦上方　脂肪误注于外眦上方表现为外眦上皮肤异常隆起，其原因在于采用的是边退出穿刺针边推注脂肪的方法，在注射过程接近结束时穿刺针头已退到眶隔之外，若仍继续推注，脂肪颗粒易存留在眶隔之外。

6 预防上睑下垂　上睑下垂表现为颗粒脂肪注入上睑之后出现睁眼费力，甚至出现明显的上睑下垂，一般手术后3周左右会自行完全恢复。产生的原因可能是注射部位过深，影响了上睑提肌的功能。

7 预防刺伤泪腺　刺伤泪腺后表现为患侧眼部当天出现十分明显的水肿，并逐渐累及面部甚至颈部，局部无淤血，可以排除因出血所致的血肿，2周后水肿渐退，无任何后遗症。产生的原因可能是穿刺不当或受术者有泪腺下垂而误伤泪腺。

总之，有效预防并发症发生十分重要。并发症分为永久性和暂时性两类，前者可永久性影响面容，包括不平整、上睑臃肿、不对称、脂肪注入过浅、脂肪误入眼眶外等；而后者包括刺伤泪腺和暂时性上睑下垂，初期时症状看似严重，但最终预后良好，对外观没有不良影响。部分受术者需进行第二次注射才能达到满意效果。脂肪注射治疗上睑凹陷看似简单，但在经验不足或操作不当的情况下极易出现并发症，且多为永久性并发症。

（三）预防并发症的措施

1 掌握手术要点，提高注射的准确程度　手术中操作不熟练、手法不够准确是导致各种并发症的主要原因，因此，术者应熟练掌握注射技术。随着手术技术熟练程度的提高，以上并发症的发生率将逐渐降低。

2 慎重实施二次以上的注射移植　许多并发症发生在进行二次以上颗粒脂肪注射移植之时，例如上睑臃肿、不平整、不对称等，尤其是上睑臃肿，全部发生在二次以上充填之时。一旦发生上述并发症，即使手术切开取出，术后仍容易出现上睑不平整现象，因此在并发症的处理上也要十分谨慎。以上情况提示应慎重进行二次以上的充脂，尤其是经过第一次颗粒脂肪填充后上睑凹陷已不明显的患者。

3 对颗粒脂肪注射量的考虑　部分受术者在进行第一次手术时，注射量为每侧3 ml；3个月后仍有上睑凹陷进行第二次注射时，注入量最多也为每侧3 ml。对第二次脂肪注射量应慎重考虑，必要时应适当减少注射量。由于出现臃肿等并发症后处理较为棘手，宁可增加注射次数也不要冒险进行大量充填，以免过量。

4 对特殊的上睑凹陷充填的考虑　对重睑术后的上睑凹陷的颗粒脂肪充填，尤其是重睑术中大量去除脂肪的上睑凹陷受术者，在注射脂肪后有较高的并发症发生率。由于上睑形成术中会造成上睑内瘢痕粘连，去除眶隔脂肪也可造成眶隔瘢痕粘连，因此，注入的颗粒脂肪在上睑内不能分布均匀。鉴于以上情况，应在术前充分估计到此类受术者的手术难度和风险，并对受术者详细告知。明显的上睑凹陷与上睑臃肿均对眼部的美观有显著影响，而上睑明显凹陷者通过在上睑充填颗粒脂肪后外观会有显著改善。需要警惕的是眼球突出容易被误认为是上睑臃肿，去除上睑脂肪后会使眼球显得更加突出，因此应仔细鉴别。颗粒脂肪注射治疗上睑凹陷是较为理想的方法，但该技术存在较高的并发症的风险，需要手术医师具有准确而熟练的技术操作能力。由于东方人的上睑具有一定的饱满度是美学所需要的，而对重睑术后上睑凹陷行颗粒脂肪注射充填并发症发生率高，所以，上睑眶隔内脂肪的去除应十分慎重。特别要指出的是，所谓“欧式眼”手术并不适合东方人，不应提倡。

五、颗粒脂肪注射隆乳术

颗粒脂肪注乳隆乳术主要适用于先天性乳房发育不良、哺乳后乳房萎缩、双侧乳房大小不对称以及乳头凹陷畸形等。

（一）注射方法

通常选择两侧乳房下皱襞正中为进针点（图 9-34）。用 F2 号针穿刺进入乳房后间隙及皮下组织层，注射局麻药 0.5%利多卡因 20ml 后，将脂肪颗粒用 20ml 注射器缓慢均匀分层次地呈扇形注入。颗粒脂肪必须采用多层次、多间隙均匀分散的注入法，以减少局部堆积，增加与受区组织的接触面，有利于脂肪成活，减少吸收。每次每侧注射量为 60～100ml。注射后即刻按摩 15 分钟左右至脂肪颗粒分布均匀，无局部堆积、硬结等现象（图 9-35）。

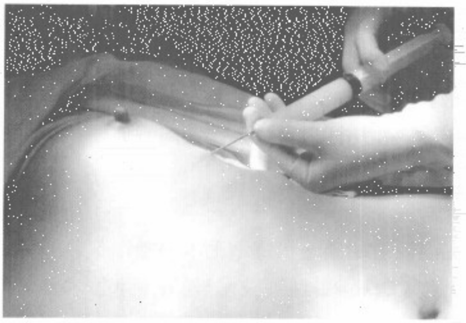
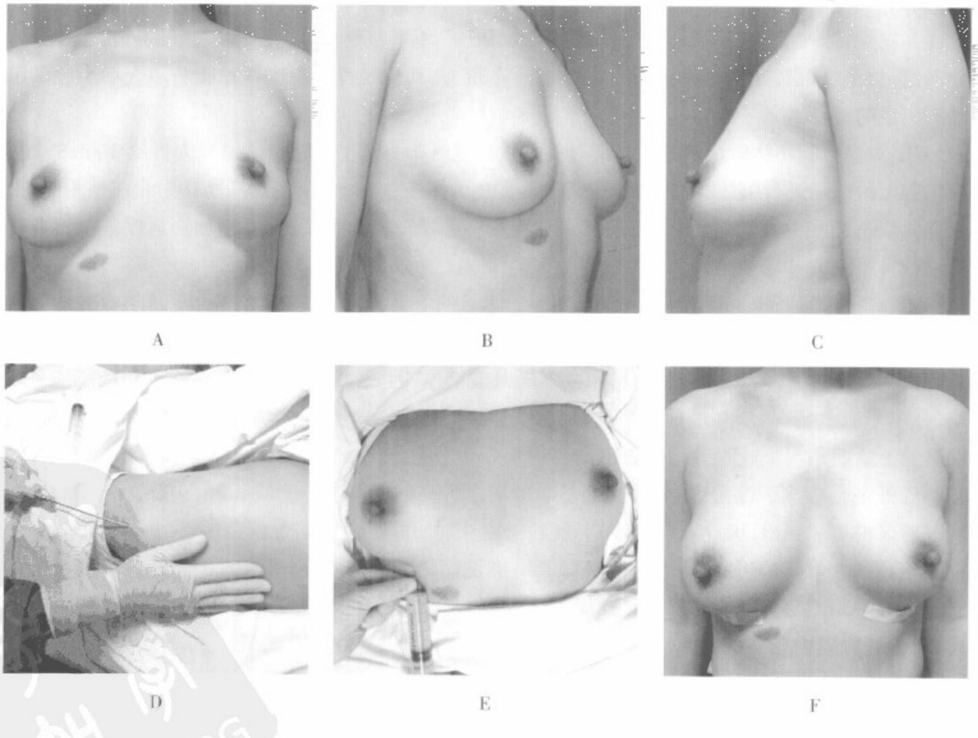
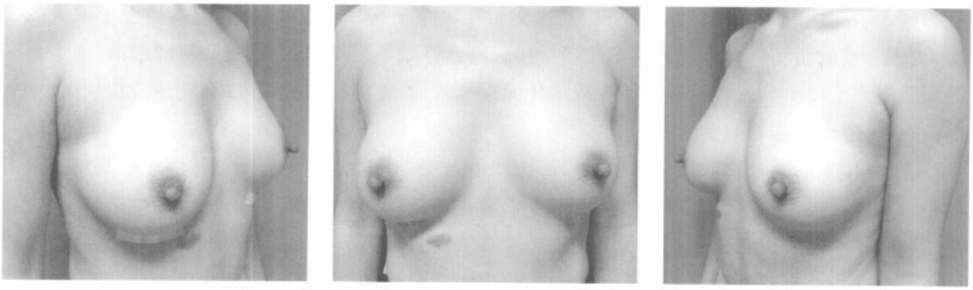


图 9-34　颗粒脂肪注射隆乳入路



A　B　C

D　E　F



G　　　　　　H　　　　　　I

图 9-35　颗粒脂肪注射隆乳手术全过程

A、B、C. 术前　D. 自左侧大腿供区抽取颗粒脂肪　E. 自乳房下皱襞中点注射颗粒脂肪　F、G. 注射后即刻　H、I. 术后 3 个月

（二）注意事项

1 术前综合设计安排　众所周知，颗粒脂肪移植后最大的问题是由于缺血致部分脂肪坏死吸收，被结缔组织取代。一般移植术后脂肪吸收率为 30%～70%。祁佐良等提出颗粒脂肪移植后体积减小主要与下列因素有关：①移植过程中脂肪细胞的损伤；②受区早期血液循环建立的状况；③移植物周围纤维组织收缩，使疏松的脂肪组织体积向中心收缩聚集；④移植数量与受区的影响；⑤基底条件的影响。颗粒脂肪隆乳术与治疗其他部位组织凹陷不同，需要较大的脂肪量，需要多次累加注射移植，因此术前应根据受区的基础条件考虑取材部位及脂肪注射量，告知受术者脂肪吸收率、注射量的控制等问题，有计划地合理安排手术。脂肪组织血供差易吸收，由于受区基底的营养难以满足过多脂肪细胞代谢的需要而难以成活，故一次的量不能注射过多，每次每侧注射量最好不超过 100ml。因为大量颗粒脂肪移植不仅易发生脂肪液化坏死，还可产生纤维钙化，形成硬结，影响乳腺肿瘤的诊断。较肥胖的丰乳求术者可安排在腹部、两侧腰部、两侧臀沟或两侧大腿获取充填用的颗粒脂肪，同时又可以抽吸掉多余的脂肪组织，重塑良好形体，可谓一举两得。另外，对于体形偏瘦、脂肪来源有限的受术者更要全面规划好每次取材的部位，必要时行多次少量累加注射，如一次只取单侧腰臀部脂肪，对侧留于下次取材。术前要全面检查乳房及腋下淋巴结，若发现有明显肿块或淋巴结肿大不宜进行脂肪注射，以免术后影响乳房肿块的诊断。

2 移植技巧　首先，在严格无菌操作的原则下取材，操作一定要轻柔。超声、电子、共振吸脂等方法会使大量的脂肪损伤、细胞破裂或磨损，活性降低。选用注射器法利用负压抽吸颗粒脂肪能最大程度地保证细胞结构的完整性与良好的活性，有利于提高成活率。其次，脂肪吸收率的个体差异较显著，有的吸收率达 60%～70%，还容易形成硬结，需多次注射；有的吸收率仅为 20%～30%，1～2 次即可达到良好疗效。抽吸出的颗粒脂肪大而饱满、色鲜黄，且纤维组织较少者，移植成活率高；颗粒扁小、色黄偏灰白者，脂肪吸收率较高，疗效较差。在清洗过程中，选用 4～5 个 50ml 注射器拔除针芯后倒置于试管架上，反复用生理盐水清洗，直至洗除红细胞，挑出其中杂质，仅留纯黄色的脂肪颗粒用于移植。在沉淀时要多选用中下层颗粒脂肪，因其中富含前脂肪细胞颗粒，具有更强的生存活性，有利于提高成活率。通过临床操作发现，口服过减肥药物的受术者，不仅抽吸脂肪较困难，而且抽出的脂肪中白色条索状组织较多，在一定程度上影响了脂肪细胞的成活率，其原因可能与药物影响脂肪代谢有关。第三，注射纯化好的颗粒脂肪时，应选择乳房后间隙注入。注射时操作要缓慢，进针时一手将乳房握住提起，另一手持针刺入乳房后间隙内。进入该间隙应有一种突破感，若穿刺较费力，患者感觉异常疼痛，注射脂肪阻力较大时，应退针变换方向重新注入，避免将

脂肪注入乳腺组织中形成硬结等不良后果。脂肪颗粒应呈点状或线状注入受区，避免形成大的团块，否则移植的脂肪颗粒不能与移植床广泛接触而自行聚集成块，周边的脂肪可能成活，而中央区的脂肪则由于得不到血供而逐渐坏死或液化而被吸收。若注射层次过浅，亦会造成乳房硬结、术后疼痛、乳房外形不佳等不良后果。

3 移植术后的处理 移植术后的局部按摩最为重要。隆乳注射后即刻按摩15～20分钟，可使脂肪均匀分布，与受区充分接触，还有利于血液供应，增加脂肪细胞的活性，预防硬结的发生。颗粒脂肪移植术后嘱患者1个月内每日适度按摩2～3次，每次20分钟。若早期发生硬结，除按摩外还可进行热敷或理疗等对症处理。也有学者提出脂肪颗粒颗粒移植术后禁止乳房按摩和挤压，以免破坏脂肪颗粒的血供重建。另外，术后口服维生素E可增加脂肪细胞对缺血缺氧的耐受力，增加其活性。因脂肪细胞血供差，进行脂肪移植手术部位较多，易发生感染，术后常规使用抗生素3～5天。间隔3～6个月后，可重复进行脂肪颗粒注射。第一次注射后吸收率最高，随着注射次数的增加，吸收率逐渐下降。一般注射3～4次可取得良好的塑形效果。

六、颗粒脂肪注射矫正其他部位凹陷畸形

（一）唇红凹陷、薄唇变厚、唇部年轻化注射术

唇裂术后畸形常导致唇红凹陷，既往主要是通过Z成形术及V-Y推进术来改进凹陷形态，现多应用自体颗粒脂肪注射，简便又安全。在凹陷部位行过量（50%）注射，填平凹陷。薄唇变厚，注射适量的自体颗粒脂肪可达到增厚目的。随着年龄的增长，唇部皮下脂肪逐渐萎缩，白唇出现细小皱纹，红唇变薄，并出现纵行皱褶，唇形模糊。注射脂肪颗粒可减少皱纹，恢复唇部的丰满度，使唇部恢复年轻化。

（二）耳垂变厚增大注射术

先天耳垂薄小、外伤所致耳垂萎缩变小，均可以注射脂肪颗粒。注射时应严格遵循无菌原则，防止感染。在耳垂上方耳轮外侧进针，经皮下向耳垂各部分皮下，边退针边注入自体脂肪颗粒约2～4ml，然后充分按摩，使脂肪充分均匀扩散分布在整个耳垂。

（三）四肢各部位软组织凹陷注射术

四肢各部位软组织凹陷包括臀部平坦、凹陷，大腿、小腿凹陷弯曲，四肢吸脂术后的凹陷等，都可通过注射自体脂肪颗粒来矫正凹陷（图9-36）。

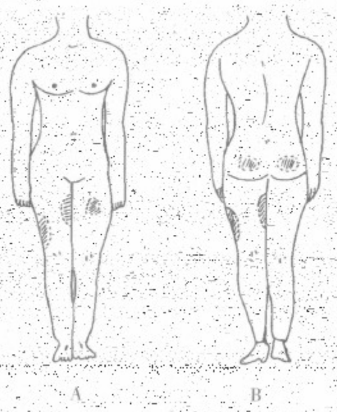


图9-36 臀部、四肢脂肪注射

A. 正面 B. 背面

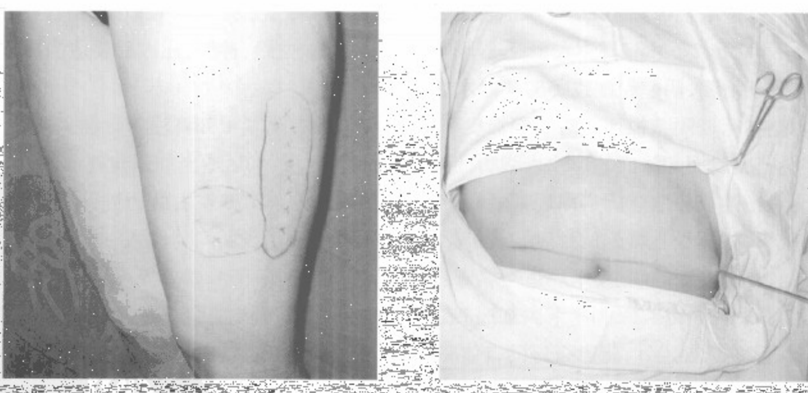
1 臀部凹陷 小提琴样畸形的患者，臀上部、大腿外侧有局部脂肪蓄积，而臀中部呈凹陷畸形，单纯抽吸局部脂肪并不能完全改善臀中部的凹陷畸形，在脂肪抽吸的同时采用颗粒脂肪注射技术会取得更为满意的效果。麻醉一般选用局部浸润麻醉。常规抽吸臀上部及大腿外侧脂肪组织，获取纯净的脂肪颗粒。邻近部位的颗粒脂肪移植，其成活率高于远位移植。注射点可选在大腿与臀部交界处、臀部内上或大转子区边缘处以及臀内上边缘侧，注入层次选择皮下深层及浅层。可分次注射。最多每侧可注射 80～100ml 颗粒脂肪。注入后要进行塑形按摩，使脂肪颗粒均匀散开。

2 大腿、小腿凹陷、弯曲 主要是针对轻度的 O 形腿或 X 形腿，矫正的方法是哪个地方弯曲得明显，即将脂肪注入其内。分深浅两层注入，过渡区注意要处理好，以达到注射后自然的目的。切口一般选在隐蔽处，如大腿腹股沟、腘窝外缘等。术后两周减少运动量，注意抬高下肢。

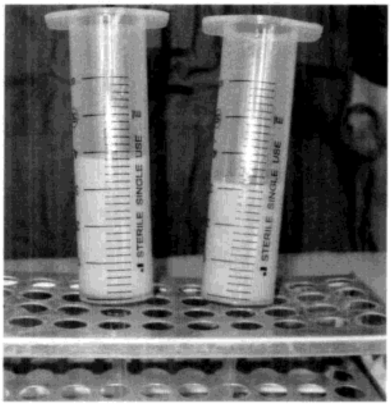
3 吸脂术后凹陷 由于吸脂减肥经验不足造成的吸脂部凹凸不平较难修复。多因女性腿部皮下脂肪过度抽吸所致，腿部高低不平畸形会给女性带来严重的思想压力与生活不便(图 9-37)。根据凹陷的情况，凹陷不严重且周围脂肪丰富者，可采用注射器抽吸周围脂肪，使凹陷平复，个别深凹处可进行适量脂肪注射。整体脂肪过度抽吸者，应从其他脂肪组织丰富的部位抽吸脂肪，再按标记的范围进行适量、多次的脂肪注射，这样畸形可逐渐得到矫正。但因多次注射局部会散布较多针眼状瘢痕，需 1～2 年才可逐渐消退。另外，注射量应超过需填充量的 20%～50%。移行交界区也要注入少量脂肪，使凹陷区与突起区能够完好连接，术后两区融为一体，外形自然(图 9-38)。



图 9-37 左大腿抽脂后局部凹陷畸形



A B



C



D



E

9-38　左大腿抽脂后局部凹陷畸形颗粒脂肪注射充填前后

A. 术前标记　B. 下腹部供区抽取颗粒脂肪　C. 注射前颗粒脂肪的纯化　D. 注射颗粒脂肪　E. 注射后即刻

（四）手部软组织萎缩注射术

消瘦者尤其是老年人的手部老化的表现有手背皮肤松弛、皱纹、色斑增多、脂肪萎缩、皮肤及皮下软组织变薄、肌腱和皮下静脉暴露明显。因为手是重要的“交往器官”，因此改变鸡爪手具有重要性与必要性。一般抽吸脂肪 20～50ml，注射颗粒脂肪时自每个掌指关节皱褶处进针，在各指指头皮下均匀注入脂肪 2～4ml，再注入手背皮下，防止损伤肌腱、血管、神经，注入后要适当按摩。

（五）阴茎增粗、阴道松弛或萎缩注射术

1 阴茎增粗　阴茎根部阻滞麻醉加皮下环形麻醉后，在阴茎根部将注射针插入阴茎皮下，分别在阴茎浅筋膜浅面和深面环形注入脂肪，远端直到阴茎内板，术后适当加压包扎。

2 阴道松弛或萎缩　阴道内局部浸润麻醉，在阴道口处阴道壁左右两边进针，插入阴道前段的阴道黏膜下，根据松弛萎缩的程度，在黏膜下层及阴道括约肌浅面均匀注入一定量的颗粒脂肪，以缩窄松弛，丰满萎缩的阴道，术后适当填塞固定。

3 大阴唇萎缩　用 2%利多卡因 0.2ml 在大阴唇前耻骨联合上方做一皮丘进行局麻，然后用 20 号长针头从皮丘处进针，将已备好的自体脂肪颗粒均匀地注入大阴唇皮下，并适当按摩注射区，手术完成。

第四节 颗粒脂肪注射术后的处理

一、一般处理

注意观察供受区有无红、肿、热、痛等感染症状，若出现上述症状，需进行血常规检查并及时处理。观察受区肿胀是否严重，有无出血、血肿、硬结、包块等。注射移植处在48小时内可适度加压包扎并进行冷敷，以减少出血和血肿的机会。术后一周内避免剧烈活动，适当的制动可减少新生毛细血管的损伤和运动时局部组织对细胞的挤压损伤。嘱患者分别在术后1、3、6个月时复查，加强随访，以便观察手术效果。

二、术后用药

颗粒脂肪因血供较差，抗感染能力弱，一旦感染，脂肪细胞可发生坏死，影响治疗效果。术后常规静滴抗生素3～5天。

三、术区护理

保持术区清洁，注射进针点5～7天内勿沾水，避免感染。术后第二天吸脂区消毒切口更换无菌敷料，大范围吸脂者着弹力塑身服1～3个月。局部加压可减少渗血，促进皮肤弹性回缩，达到形体雕塑的目的。若有缝线7天后拆除。术后观察受区，若有硬结、包块或不平整时，可进行适度按摩使颗粒脂肪分布均匀。告知受术者，如发现异常应注意随时复诊。

第五节 影响颗粒脂肪注射移植存活率的因素

影响移植颗粒脂肪体积变化的因素主要有：①在移植过程中对脂肪组织的损伤：颗粒脂肪组织在移植过程中不可避免地造成部分脂肪细胞的破坏；②早期血液循环的建立：大量脂肪组织游离移植后由于中心部位缺血，往往出现脂肪细胞变性、液化和坏死，最终被纤维组织所取代，移植物体积减小明显；③移植物周围的纤维组织收缩，它可使移植的脂肪出现向心性聚集，疏松的脂肪组织体积收缩；④移植数量与受区面积的影响：移植的颗粒脂肪数量过多，基底床的养分难以满足过多脂肪细胞代谢的需要，必然导致部分脂肪细胞变形、液化及坏死；⑤受术区的条件：受区若是过于活动的部位，移植脂肪的稳定性就差，不利于血液循环的重新建立；⑥感染：脂肪组织抗感染能力差，容易发生感染。

一、供区选择

人体多部位可以提供脂肪组织，其中腹部、臀部及大腿内侧皮下脂肪组织分为浅、深两层，浅层的脂肪含量少，颗粒小而均匀，深层的脂肪含量多，颗粒大而厚薄不一。一般情况下深层脂肪较

薄。有些部位的深、浅两层脂肪比例恰当，但有些特定区域的深层脂肪却很发达，表现为局部脂肪沉积，如腹部、臀部、股外侧、后腰部及大腿内上侧等部位。Illouz 等主张抽取深层脂肪，因深层脂肪为代谢不活跃的脂肪细胞，一旦形成则难以消失，且该区获得的脂肪具有较强的耐缺氧能力，脂肪组织蛋白酶活性高于其他部位，有利于移植后脂肪细胞的存活。深层脂肪存在的部位是局部脂肪容易发生堆积的部位，也是获取脂肪的最佳部位。有研究发现，人体不同部位的脂肪组织的脂蛋白脂酶(lipoprotion lipase ,LPL)的活性存在差异。LPL 的活性高，有利于移植脂肪细胞的成活。大腿及臀部的 LPL 活性最高，其次为下腹部、上腹部。根据这项研究以及这些部位的深层脂肪分布，故宜首选躯干的下半部作为自体脂肪丰胸脂肪移植的供区。目前，在脂肪颗粒移植术中，许多学者多选择腹部取脂，因为这些部位是女性脂肪易堆积的部位，脂肪组织含量多且操作简便。但也有不少学者认为，腹部的纤维组织及血管较多，故抽吸困难、出血量大，应在局部血管分布少、血供不丰富的部位提取，如大腿内外侧或臀部等部位，以减少血液外渗及降低感染率。同时该类部位的脂肪细胞体积小、致密，完整的脂肪细胞数目明显多于腹部，注射移植效果优于腹部脂肪。

对于需多次行颗粒脂肪移植者，如隆乳术的受术者应该全面合理地规划好每次取材的部位(图 9-39)。因此类受术者常体形偏瘦，大量脂肪来源较珍贵，必要时可行多次少量累加注射，如一次只取单侧大腿部脂肪，对侧留于下次取材利用。避免供区的重复取材，保证优选颗粒脂肪移植，可达到良好的治疗效果(图 9-40、图 9-41)。

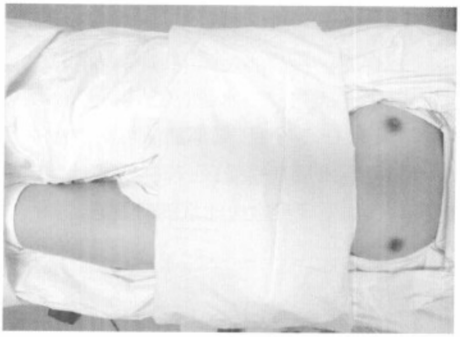


图 9-39　合理规划供受区



图 9-40　供区抽取颗粒脂肪



图 9-41　受区注射颗粒脂肪

二、受区部位与条件

研究证实，注射在肌肉内的颗粒脂肪存活率较高，高存活率的原因可能与肌肉受区的血供丰富有关，其次为皮下脂肪层、筋膜下层、骨膜浅面。在脂肪组织缺乏的部位，例如头皮、鼻翼、阴茎、耳郭等部位，脂肪组织移植后不易存活，可能是缺乏成熟脂肪细胞和细胞外基质对移植细胞的调节作用。肌腱、骨骼等处的脂肪组织不能存活，其他血供、营养不良部位也不利于移植物的存活。

术前应充分了解受区状况，哪一层次具有良好血供。自体脂肪隆乳注射时，颗粒脂肪应呈多层次、多隧道、多点位的缓慢低压注射，使脂肪颗粒均匀分布于受区的各层（皮下脂肪层、乳腺后间隙），避免颗粒脂肪注射后发生局部堆积，使移植的脂肪细胞未能与移植床广泛接触而自行聚集成块，使中央区的脂肪由于得不到血供而逐渐坏死或液化而被吸收。同时应掌握好注射层次，若注射层次过浅，亦会造成乳房硬结、术后疼痛、乳房外形不佳等不良后果。

对于新形成的凹陷畸形，一般颗粒脂肪移植后的存活率较高。形成时间较长的凹陷以及脂肪抽吸手术中过度抽吸所形成的凹陷，颗粒脂肪移植后存活率较低，可能与局部纤维组织增生粘连有关（图 9-42）。此外，较表浅的凹陷脂肪移植后吸收率低（图 9-43）；而凹陷深者吸收率高，可能与靠近深筋膜影响移植物的血供重建有关。

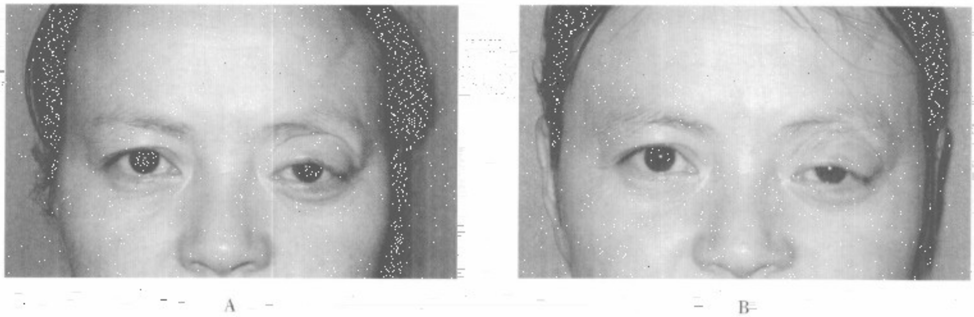


图 9-42 上睑凹陷畸形的颗粒脂肪填充
A. 上睑植皮术后凹陷 B. 颗粒脂肪填充术后 3 个月



图 9-43 面部浅表凹陷的颗粒脂肪填充
A. 面部浅表凹陷 B. 颗粒脂肪填充术后

受区部位仅进针点注射局部麻醉药物即可，因穿刺及注射时虽有疼痛感，但时间较短，一般均可忍受。且受区注射局麻药会破坏结构外形，影响治疗效果的判定。对于疼痛敏感的患者可选择全麻下手术。

三、颗粒脂肪的获取方式

颗粒脂肪的取材对脂肪细胞的损伤程度是决定脂肪细胞远期是否成活的重要因素之一。取脂常采用局部肿胀麻醉法，此方法简便、安全、有效。但有学者认为，肿胀液灌注形成的压力会损伤脂肪细胞，术中应尽量避免注射肿胀液时压力过高。

不同取材方法对脂肪细胞的损伤程度不同，Neygen（1990 年）比较了吸管法与剪碎法、注射器法获取脂肪后发现，吸管法获取的大部分脂肪细胞胞膜破裂、拉长、变形，仅少部分细胞形态保持完整；后两种方法获取的脂肪细胞绝大部分形态完整。其中吸脂机抽取的脂肪颗粒 90%的细胞被破坏，而注射器抽取的脂肪颗粒仅 10%的细胞被破坏。张新合等通过研究发现，吸管法对脂肪细胞的损伤率达(76.4±8.7)%，高于注射器法获得脂肪颗粒中脂肪细胞的损伤率(15.7±2.4)%，认为吸引头往返运动对脂肪细胞的机械损伤与负压吸引是造成脂肪细胞损伤的两大重要原因。吸管法吸引头的直径远远大于注射器的直径，造成更多的脂肪细胞胞膜破裂；而吸引器负压(70～80kPa)也高于注射器产生的负压(26～40kPa)，导致更多的细胞拉长、变形，对脂肪细胞的损伤程度远远高于注射器法。因此，采用注射器法肿胀麻醉技术是目前颗粒脂肪移植最好的脂肪获取方式。用注射器抽吸脂肪，对吸出的脂肪及皮下脂肪损伤较小，其中约有 70%的脂肪细胞存活，而且细胞之间彼此分离，其体积 / 面积增加，形成类似于细胞培养的方式，有利于细胞的存活和分化，可获得较多结构完好的脂肪细胞并减少出血和疼痛；且注射器抽吸脂肪在密闭系统中进行，减少了脂肪污染的机会。

超声吸脂由于其微小的机械运动，空腔现象及热效应能选择性地使脂肪组织破坏、液化，因此超声装置吸出的脂肪组织不能作为充填材料来进行颗粒脂肪注射移植。电动式脂肪抽吸获取的脂肪细胞大多死亡，仅有约 10%的细胞存活，不能用于自体移植。

在供区切取脂肪并剪碎使之成为脂肪小珠，可取得与注射器法相似的结果，但多处的切口不易被患者接受，且手术时间较长，仅可用于小鼠等不易获得脂肪的实验动物。

四、抽吸压力

Nguyen(1990 年)提出，高负压吸引(接近一个大气压)后脂肪组织仅有 10%的细胞形态完整，而注射器抽吸有 70%的脂肪细胞形态完整。20ml 医用注射器完全回抽时负压为 61.3～62.7kPa，在抽吸时随着抽吸混合物进入注射器，其负压随之降至为零，加上混合液的缓冲作用，对脂肪细胞的损伤最小。所以在脂肪移植术中，为减少对脂肪颗粒的损伤，多主张用注射器抽取脂肪。多数观点认为，吸脂机的抽吸负压会对脂肪颗粒造成严重损伤，但在脂肪需要量大的情况下，注射器抽吸费时费力，不能完全满足需要。雷华等通过抽吸负压对脂肪颗粒活性影响的研究认为，颗粒脂肪组织吸脂机常用的负压(70～80kPa)与注射器抽吸负压对脂肪颗粒活性的影响无明显差异，脂肪移植术中也可用负压吸脂机获取脂肪，这样可以缩短手术时间，提高手术效率。同时有学者进行了脂肪抽吸负压对脂肪细胞活性的影响的研究，方法是用 20ml 注射器和吸脂机从不同侧孔的吸管抽取脂肪颗粒，然后对其进行肉眼和光镜观察，比较脂肪细胞的存活率。结果发现注射器法及低负压(60kPa)电动抽吸血性成分少，镜下脂肪细胞相互分离，可见数十个细胞聚集在一起，移植后 50%～60%的细胞存活；吸脂机高负压(80～100kPa)抽吸时脂肪细胞损伤较大，移植后仅 20%～30%的细

胞存活，从而得出注射器法和低负压（60kPa）电动抽吸法获取的脂肪细胞存活率高于吸脂机高负压抽吸的结论。抽吸脂肪时，吸管应选用 4mm 以下的细管为佳。

五、抽吸技术

熟练的抽吸技术是脂肪移植成功的重要部分。手术不可避免地会造成部分细胞的受损及破坏，损伤的程度越大，活细胞就越少，存活率也就越低。因此要求操作过程中严格遵守无菌、无创的原则，最大程度地保证脂肪的存活率。在脂肪抽吸的过程中，要注意控制抽脂管的侧孔方向。在行腹部、臀部、大腿部、上臂部及胸部吸脂时，深层抽吸时吸管孔朝向皮肤面，而浅层抽吸时吸管孔朝向深面。抽吸时将抽脂管插入脂肪层中，从深层脂肪层开始往复式抽吸，逐渐向浅层脂肪过渡。抽吸时针头前后移动，以切口为中心，呈隧道式扇形抽吸。切忌大幅度左右摆晃，以免破坏皮肤与深部组织间的神经血管束。术中应均匀抽吸，尽量减少抽吸对脂肪细胞的损伤，防止术后皮面凹凸不平。

抽吸的常用方法：

1 捏提法　左手拇指相对其他四指将组织捏紧并向上提起，右手持吸脂管，吸脂管在提捏组织的中间做往复的脂肪抽吸（图 9-44）。

2 平推法　在脂肪层较薄部位进行负压脂肪抽吸时，将左手平压在脂肪抽吸区的皮肤上，右手握着抽脂管，在脂肪抽吸过程中，左手感知抽吸方向的同时掌握抽脂管距离表皮的深度，右手适当调整脂肪抽吸的层面，均匀地进行脂肪抽吸（图 9-45）。



图 9-44　捏提法脂肪抽吸



图 9-45　平推法脂肪抽吸

六、颗粒脂肪的纯化

颗粒脂肪纯化的主要目的是尽量去除与完整脂肪颗粒相混杂的血液、麻醉液、组织间液、破碎脂肪及纤维组织碎块，以获取活性良好的颗粒脂肪。有实验证实，利多卡因及 1:200000 肾上腺素均能够明显抑制脂肪颗粒的活性，因此，为了减少利多卡因及肾上腺素对脂肪颗粒活性的影响，应将抽取的脂肪用生理盐液立即进行彻底清洗纯化，洗尽已破坏的脂肪细胞、脂滴及血液。纯化过程中还应尽量减少脂肪颗粒在体外的存放时间，以提高脂肪细胞的生存率。

目前应用较多的脂肪颗粒纯化方法是静置法与离心法，前者是将获得的脂肪注入立于试管架上的 50ml 注射器中，加入生理盐水反复清洗、静置沉淀、纯化，并把其中的条索状纤维结缔组织用长针挑除，将灰白色脂肪碎粒尽量滤弃，将上层脂肪细胞所释放的橘红色脂滴去除，将沉积于下层

的水分排掉，留取中间层颗粒饱满的纯黄色脂肪颗粒备用；后者是将脂肪颗粒混合物经过离心后获得纯化脂肪颗粒。前者不存在损伤脂肪颗粒活性的问题，但纯化效率较低，时间长；后者纯化效率高，但离心速率会损伤组织细胞。Kurita 等认为过快的离心速度会破坏脂肪干细胞和前脂肪细胞的完整性。陈渝等在自体移植颗粒脂肪活性的检测方法研究中采用 MTT 法和葡萄糖转移测定法对不同的离心力（分别为 600、800、1000、2000、3000 和 4000 r/min）离心后的脂肪颗粒进行活性检测后得出结论，随着离心力的增加，各组脂肪活性呈下降趋势，因此建议脂肪移植慎用离心纯化脂肪。所以，处理纯化脂肪颗粒时最好采取静置法析出水分等杂质，以最大程度地保护脂肪颗粒免受损伤。静置法常含有更多的水分，对于充填量来说需要过度矫正 30%～50%。

Boschert 对取自 20 名患者的腹部吸脂混合液进行了处理和研究，结论是静置后中下层脂肪颗粒中富含前脂肪细胞，应是首选的移植对象。其方法是：将吸出的混合液在 0.05kg 条件下离心 2 分钟，分别吸取离心后的上、中、底层的内容物，经胶原酶作用后，用台盼兰染色来测明脂肪细胞的活力。他发现，离心后底层的成分中含有最多的有活力的脂肪细胞，与最上层的离心内容物相比，有活力的脂肪细胞为其 250%（$P<0.001$）；与中层内容物比，为其 104%（$P<0.0002$），表明最底层含有最多的可供移植的脂肪细胞，只有使用此层脂肪进行移植才能获得最佳效果。并且通过不同离心时间的对比，发现在 0.05kg 条件下离心 2 分钟为最适的时限，超过 2 分钟的离心并不能提高活性脂肪细胞的数量。另有学者研究报告，不同的静置时间脂肪容积比也不同，静置 0.5 小时脂肪容积比为 88.89%，1 小时为 85.19%，2 小时为 82.89%，3 小时为 81.45%，至 24 小时脂肪容积比降为 76.89%，即静置 1 天后，与静置 0.5 小时相比尚有 12%的肿胀液。

可过滤脂肪颗粒的材料有专用过滤网、纱布、棉条等。笔者认为选用倒置 50ml 注射器内反复冲洗、沉淀、纯化的操作简便、省时，能减少污染机会，可最大程度地提高脂肪细胞移植成活率，减少并发症的发生。

七、颗粒脂肪注射方法

采用颗粒脂肪移植的目的是增加脂肪细胞与基底床的接触面积，在早期缺血缺氧的情况下使移植的脂肪细胞从基底床获得营养，从而增加细胞成活的数量。颗粒脂肪注射的原则是使其均匀地分布在受区组织中（图 9-46～9-49）。将脂肪多个点、多层次分散注射，每个点注入量不超过 1ml。应避免将大量的脂肪集中在某一部位，注射后按摩抚平。以颗粒脂肪隆胸为例，具体操作方法主要有以几种：



图 9-46　颗粒脂肪注射矫正鼻唇沟过程



图 9-47　颗粒脂肪注射矫正颈部凹陷



图 9-48 颗粒脂肪注射矫正吸脂术后凹陷过程



图 9-49 颗粒脂肪注射隆乳

1 多部位多层次点状注射法 将脂肪颗粒以多个点注射至乳房受区。此法的优点是部位分散，以获取最多体液营养渗透和血供，受植部位血管床丰富，有利于脂肪细胞成活，减少脂肪颗粒的吸收。

2 单点多层次线状注射法 由乳房下皱襞进针，在乳房内反复进行穿刺，形成多个放射状的隧道，由远端到近端将脂肪颗粒呈线状注入隧道内，要求避免脂肪细胞堆积成团。此方法的优点是移植物分散，周围营养易于渗入，血管易于长入，从而使脂肪细胞易于成活。

3 直接注射法 将脂肪颗粒直接注射至移植部位。此法脂肪颗粒易于聚积成团，组织液不易渗入，容易导致脂肪吸收坏死，现已较少应用。

注射要点：注射器缓慢均匀地呈扇形注入，压力不能超过 30kPa，不能突然加力注射。注射降乳时，进针时一手将乳房握住提起，另一手持针刺入乳房后间隙内。进入该间隙应有一种突破感，若穿刺阻力较大，患者感觉异常疼痛，注射脂肪很费力，且注射物集成硬结，说明刺入了乳腺组织，应退针重新注入。若注射层次过浅，脂肪局部堆积过多，会造成乳房硬结、术后疼痛、乳房外形不佳等不良反应。注射后需即刻适度按摩至脂肪颗粒分布均匀，保证受区局部无堆积、硬结等现象，同时应严格遵守无菌操作。

对于注射量，各学者的主张有所不同，有建议一次 60～80ml（戚可名等）和一次 160～180ml（Chaichir）的报道。在颗粒脂肪移植临床应用早期，注射的脂肪量较少，一般单侧乳房不超过 50ml，每 4 周注射 1 次，但由于注射次数过多、吸收较多，患者难以接受，遂逐渐增大单次注射量，每次单侧乳房最多可注射 200～280ml，但疗效欠佳，主要是大量注射易发生脂肪液化坏死、感染等并发症。近年来，随着大量的临床实践与基础研究工作的开展，为提高颗粒脂肪存活率，在脂肪颗粒抽吸技术、纯化制备、注射方法及注射器械上的研究均有了新的突破，但一次脂肪最适的注入量仍尚无一致意见。笔者认为颗粒脂肪隆胸的一次脂肪注入量 100～120ml 是比较安全的，同时注射量的多少也应视患者受区乳房能接纳的程度而定。

能够深入地了解、研究脂肪颗粒在移植中的病理、生理转归，以及在新的受区的组织构建，对于明确颗粒脂肪注射方法、移植量的多少，有着极其重要的意义。

八、辅助用药

脂肪移植后血供的及时建立是降低自体脂肪移植后脂肪吸收率的关键。近年来，为提高颗粒脂肪移植成活率，许多学者在促进脂肪成活的辅助药物、生长因子、干细胞及脂肪组织工程、基因治疗及脂肪细胞的再分化理论等方面展开了大量的基础与临床应用研究。

（一）生长因子

移植的颗粒脂肪在体内环境下要受到多种生长因子的调控，目前很多研究集中在植入的脂肪中加入某些生长因子，以探索这些物质是否能够提高脂肪的成活率。Feng研究了多种生长因子（DMEM）培养液对植入脂肪成活率的影响，为临床应用提供参考。方法为：将同条件获取的脂肪颗粒40ml纯化后等量分为5组，分别在生理盐水（对照组）和DMEM液、含20ng/ml bFGF的生理盐水、含20ng/ml IGF-1的生理盐水、含20ng/mlVEGF的生理盐水（实验组）中浸润1小时。浸润后去杂质，注射于裸鼠背部皮下，每组注射5只裸鼠，每只注射6点，每点0.2ml。15周后，取出移植物，测残留体积和重量，并送病理学检查，比较各实验组与对照组移植物残留体积和重量的差异。结论是DMEM可促进植入的脂肪组织量的维持，bFGF、IGF-1、VEGF等生长因子在本实验条件下显示出促进植入脂肪成活的作用。

1 碱性成纤维细胞生长因子（basic fibroblast growth factor，bFGF） 有研究结果表明，bFGF不仅有利于脂肪移植物体积和质量的维持，而且还能促进脂肪组织中脂肪前体细胞、成纤维细胞、脂肪干细胞的转化或分化，从而形成类似成熟脂肪细胞的小细胞。这些小细胞在合适的条件下，有可能成长为成熟的脂肪细胞，进而形成正常的脂肪组织以持久地维持移植物的体积。同时，bFGF有促进血管生成的作用，能在早期给移植体的脂肪组织提供充分的血供，保证了移植物的生存条件。Rifkin认为，bFGF是最有效的血管生成因子之一，它对新生血管形成过程中的多个环节（如毛细血管基底膜降解、内皮细胞迁移增生、胶原合成及小血管形成等）均有明显的促进作用，故能在早期给移植体提供充分的血供，保证了移植颗粒脂肪的生存条件。廖天安等的研究证明，经bFGF处理后可提高移植脂肪的存活率，同时bFGF能促进中胚叶、外胚叶来源细胞的分化和生长，属于中胚叶来源的前脂肪细胞在bFGF作用下可能分化为脂肪细胞，以替代坏死的脂肪细胞。因此bFGF对前脂肪细胞的增殖和分化可能起促进作用。

2 血管内皮细胞生长因子（vascular endothelial growth factor，VEGF） VEGF能促进移植组织内的血管增生和内皮细胞的分化。刘友山等进行了Pluronic与VEGF复合载体在颗粒脂肪移植过程中对血管生长和脂肪细胞成活率影响的实验研究。实验通过建立裸鼠的脂肪移植模型，在人体的脂肪颗粒中加Pluronic与VEGF复合载体，利用VEGF持续促进血管生长、加速局部血液循环重建的作用，研究其对移植体内早期血管生成的影响以及对移植体成活率的影响。结论是Pluronic与VEGF复合载体对移植的脂肪有促进其血管生长的作用，提高了脂肪移植的成活率。

3 肝细胞生长因子（hepatocyte growth factor，HGF） HGF具有促进血管内皮细胞增生和新生血管形成的作用。HGF还可促进组织细胞的发生、生存和再生，抑制细胞凋亡。王有虎等研究了肝细胞生长因子转染骨髓间充质干细胞对移植颗粒脂肪新生血管形成的影响。方法为：分离培养雄性大鼠的BMSCs，用Ad-GFP、Ad-HGF转染BMSCs，并用流式细胞仪测定转染效率。选用Wistar雌性大鼠150只，随机分为5组：A组为颗粒脂肪＋0.4ml DMEM-LG；B组为颗粒脂肪＋0.4ml DMEM-LG＋1×10^{-8}pfu Ad-HGF液；C组为颗粒脂肪＋0.4ml DMEM-LG＋1×10^{-6} BMSCs；D组为颗粒脂肪＋0.4ml DMEM-LG＋1×10^{-6} BMSCs（携带GFP基因）；E组为颗粒脂肪＋0.4ml DME-LG＋1×10^{-6} BMSCs（携带HGF基因），均匀震动5分钟后，移植于大鼠背部皮肤与肌肉之间。分别于3天、5天、7天、14天、28天、60天取移植的颗粒脂肪组织进行HE、Masson染色，观察病理改变。同时用免疫组化法测定组织中HGF表达水平，用CD34观察新生血管生成。结论是Ad-HGF能高效率转染BMSCs，并在移植体中持续表达HGF，能有效促进移植颗粒脂肪的血管形成。

（二）激素类

1 胰岛素 胰岛素是体内唯一能促进脂类合成并移植其水解的激素。胰岛素可阻止脂肪降

解，诱导成纤维细胞摄取游离脂质转化成为脂肪细胞，并有促进前脂肪细胞"拾起"脂肪细胞分解释放的脂滴形成新的脂肪细胞的功能，且能够抑制肾上腺素的脂解。胰岛素还有支持其他药物脂肪聚集的作用。Yuksel 等利用能生物降解的乳酸-乙醇酸共聚物 / 聚乙二醇（PLGA/PEG）微囊分别制成胰岛素、胰岛素样生长因子-1（IGF-1）、bFGF 及其混合物的缓释剂，来研究其对大鼠游离脂肪移植成活率的影响。共分成 7 组，即未处理组、空白微囊组、胰岛素组、IGF-1 组、bFGF 组、胰岛素＋IGF-1 组、胰岛素＋IGF-1＋ bFGF 组。术后 12 周，各组的成活率分别为 46.9%、25.3%、114.1%、111.0%、96.0%、103.4%、84.6%。实验说明，胰岛素、IGF-1 及 bFGF 的缓释剂均有促进移植体存活的作用。然而 Ellenbogen 的实验并未证实胰岛素对提高移植脂肪的存活率有明显效果。

Ayhan 等利用选择性 β_1 阻滞剂作用于 SD 大鼠的游离脂肪移植，并分别以胰岛素和盐水组作对照。9 个月后，实验组的脂肪存活率明显比两个对照组高。作者认为可能的原因是：①选择性 β_1 阻滞剂通过阻滞脂肪细胞膜上的腺苷酸环化酶及抑制环磷腺苷来抑制脂肪细胞的脂解作用；②选择性 β_1 阻滞剂对前脂肪细胞的生物刺激作用。祈佐良等在大鼠脂肪移植实验中，实验组移植的脂肪颗粒先用 2U/ml 胰岛素液浸泡 30 分钟，结果与未预处理组无明显差异，提示可能与外用胰岛素溶液不能有效地和细胞膜受体结合有关。因此，胰岛素对提高脂肪移植的效果问题尚待进一步证实。

2 前列腺素　前列腺素类是人体内广泛存在的一种物质，其作用十分多样化。脂肪细胞既可合成前列腺素，又具有多种前列腺素的受体。朱晓海等通过实验证实，在脂肪移植中联合使用米索前列醇和卡前列甲酯，可促进前脂肪细胞向脂肪细胞的分化，抵抗细胞内脂肪分解，并结合其促血管生成作用，有望提高脂肪移植的成活率。梁杰等在重组人 VEGF 和脂微球化前列腺素 E_1（Lipo-PGE_1）对移植脂肪早期血管生成作用的研究中得出结论 VEGF165 基因质粒能在移植脂肪组织中表达外源性 VEGF 蛋白，诱导移植脂肪血管的新生，Lipo-PGE_1 能有效促进移植脂肪早期血管生成，VEGF165 基因质粒和 Lipo-PGE1 有协同作用。

（三）维生素 E

在脂肪细胞的新陈代谢过程中维特 E 的作用必不可少，有利于脂肪的维持和生存，口服维生素 E 可促进脂肪细胞移植后的存活。

九、颗粒脂肪的体积

脂肪颗粒移植后体积减小主要与下列因素有关：①移植过程中脂肪细胞的损伤；②受区早期血液循环建立不佳；③移植物周围纤维组织收缩，使疏松的脂肪组织体积向中心收缩聚集；④移植数量与受区面积比例不适的影响；⑤基底条件不良对移植脂肪的影响。脂肪颗粒周围血清营养 1.5mm 厚度的组织，直径超过 3mm 即可能发生脂肪颗粒中心坏死。

颗粒脂肪注射移植后存在不同程度的吸收，颗粒脂肪移植后，其成活率仅靠估计，有实验结果显示，移植后 3 个月内其体积明显减少，4～6 个月基本趋于稳定。

十、全身因素

年龄、体质、营养、精神等因素对颗粒脂肪移植后的存活有一定的影响，与颗粒脂肪细胞的活力有关，其中肥胖患者的前脂肪细胞增殖率高于消瘦者。全身营养状况良好时，利于脂肪细胞的成活。

十一、其他

钙离子可增强蛋白脂酶活性，从而影响脂肪细胞的分化增殖。高脂饮食和低温有促进脂肪细

胞存活的作用。暴露于干燥空气中的脂肪细胞容易坏死。Shoshani(2000 年)将人的乳房脂肪组织注入裸鼠的皮下，在两个大气压下每天给鼠吸入 100%纯氧 90 分钟，按吸入 5 天、10 天、15 天分组，到 15 天杀活，对移植的脂肪进行测量。结果显示：5 天吸氧组的移植脂肪保存最佳，脂肪结构完整，脂肪细胞完好，血供良好。其他组均较差，尤其是吸氧 15 天组效果最差。提示适量的高浓度氧的吸入可以改善移植脂肪的缺血状态，减少细胞因子的释放，减轻组织水肿和炎症反应，因而可提高移植脂肪的存活率；但过度吸入高浓度氧会产生氧中毒，造成对移植脂肪的损害。

第六节　颗粒脂肪移植后的并发症及其处理

一、感染

面部血供良好，一般不会发生感染。感染的常见原因为术中消毒不严格，吸脂、冲洗脂肪或注入脂肪时有污染或受区局部原有慢性炎性疾病。感染一般于 5～7 天后出现，局部发生红、肿、热、痛，严重者局部皮肤潮红、青紫或吸脂切口、进针点不愈合。故要求术前完善术区检查与准备，术中消毒务必严格，术后常规使用抗生素 3～5 天，以预防感染。术中每一个环节都要严格无菌技术，熟练操作，注入的脂肪要均匀分布，不要聚集成块致中心区域因缺血坏死而形成隐患。要严格掌握适应证，慎重筛选受术者。一旦发生感染，应积极用抗生素治疗，加强局部换药，一般 3～5 天后症状可明显消除；严重者应切开患处用抗生素冲洗，去除坏死组织，留置负压引流，有空腔时则需要加压包扎，一般经积极处理后可痊愈。

二、出血、血肿

出血、血肿多因供区抽吸脂肪或受区注射脂肪时伤及血管、受术者有凝血机制障碍、术后加压包扎不当等原因造成。熟悉局部解剖，术中细心操作，抽吸时采用扇形隧道式抽吸技术，一手平置于皮肤表面以感知和掌握抽吸的方向及深度，并避免抽吸的层次深浅不均。注射时动作要轻柔，适当用力，避免暴力操作，同时掌握好层次，尽量避开大血管的部位，所用的注射针头要选用带侧孔钝头。术后注意冰敷，预防出血；若出现血肿后可用针管穿刺抽吸后局部加压包扎，必要时在直视下清理血肿，去除凝血块，盐水反复冲洗后加压包扎，同时可肌内注射或静脉滴注止血药物。

三、硬结

因脂肪颗粒注射不均匀或同一部位注入过多造成脂肪颗粒聚集成块，受区注射的脂肪向中心聚集，使疏松的脂肪组织体积缩小，被周围纤维组织包裹成球状；或术后没有适当按摩、塑形，局部脂肪堆积分布不均匀，术后没有适当的加压包扎；或脂肪细胞失活钙化形成纤维组织结节而产生硬结。故注射时应将脂肪颗粒均匀散开，尽可能多点注射，避免一次注射脂肪过多。术后一定要适度按摩揉压，使聚集的脂肪分散。乳房的硬结一般无不适症状，除局部适当按摩、热敷外可不作其他特殊处置，待其自行吸收。为避免日后无法辨别乳腺肿瘤与钙化的脂肪颗粒，不可将脂肪注入乳腺腺体内，造成乳癌筛检时的干扰。

四、脂肪囊性变

脂肪囊性变多发生在大量隆乳术注射颗粒脂肪时。与身体其他部位的组织凹陷充填不同，脂肪颗粒移植隆乳需要较大的量，需多次累加注射移植，较易发生脂肪囊性变。移植的脂肪量过大，与依赖存活之基底床的比例失调，则会因缺血缺氧而液化。在早期坏死灶尚未液化时，由于炎症和纤维包裹反应，可表现为较硬的实性包块，伴有疼痛。当坏死灶液化形成囊腔时，可有囊性感，其囊膜内含有黄色油性液体及珍珠样脂肪小球，囊腔大约于术后 3 个月形成。因长期脂肪液化、坏死，加之脂肪变性纤维化、钙化成完整的囊壁，使囊壁逐渐分泌许多液体，造成肿块增大。

防止脂肪囊性变的关键是移植脂肪早期营养需求量不超过基底床所能提供的范围。已形成的囊性变可待囊壁形成后通过手术摘除，术后加压包扎。钙化的脂肪颗粒和纤维组织可逐渐形成干酪样变，可选择手术摘除。

要尽可能避免出现脂肪囊性变，因为脂肪囊性变不但影响乳房的手感，并且可能影响对乳房包块的诊断，这也是目前对颗粒脂肪隆乳应用具有争议的重要问题。

五、脂肪液化

脂肪坏死产生的液化和钙化是自体颗粒脂肪注射隆乳最大的风险。脂肪液化的发生率与脂肪颗粒的注射量成正比。因注入失活的脂肪细胞过多或注入脂肪不均匀；或同一层次、同一部位脂肪注入过多，颗粒脂肪未能与移植床广泛接触而自行聚集成块，周边组织可能成活，中央区则逐渐发生坏死、液化；或因移植床脂肪损伤严重、出现血肿、感染等，影响了注入脂肪的成活，造成脂肪的坏死、液化。

在早期坏死灶尚未液化时，由于炎症和纤维包裹反应，可表现为较硬的实性包块，伴有疼痛。当坏死灶液化形成囊腔时，可有囊性感，其囊膜内含有黄色油性液体及珍珠样脂肪小球。若液化的脂肪未能在受区很快吸收，则液化区逐渐增多增大而出现波动感，特别是在皮肤浅表区更明显。发生脂肪液化出现红肿热痛等症状时，除给予抗生素抗感染治疗外，必要时可于液化区边缘或附近隐蔽处进针，穿刺抽出液体，用抗生素液体冲洗，然后加压包扎。若液化区较大，则需负压吸引引流。

避免颗粒脂肪移植出现液化的关键因素是严格控制脂肪注射量，尽可能多层次、多点、均匀注射；避免同一部位注入过多，要使注入的颗粒脂肪最大限度地接触到受区组织，以期最大限度地获得早期的营养和血供重建。另外，脂肪的冲洗、筛选要轻柔仔细，尽量去除与颗粒脂肪相混杂的血液、麻醉液、组织间液、破碎脂肪及纤维组织碎块，以获取纯净、活力良好的颗粒脂肪，从而提高移植成活率。

六、脂肪瘤

脂肪瘤主要因注射的脂肪颗粒聚集成块，刺激了宿主细胞转化增生所致。因此注射脂肪颗粒要均匀，术后要将聚集块按摩散开。若已呈瘤样增生，则只有行局部组织切除。

七、过度矫正和矫正不足

由于自体颗粒脂肪移植后的高吸收率，为了避免二次手术，我们常选择超量注射。但由于受区血供及个体吸收差异，脂肪吸收较少时易发生充填过多矫正过度；受区脂肪颗粒注入过多，会造成外形欠佳，局部产生不平整或有凸起感；若面部填充过度，会产生局部水肿样改变，影响外观。由于一次注入脂肪颗粒量太多会增加并发症的发生率，因此术前应合理估计需脂量。面部凹陷充填一

般超量注射30%左右，如发生充填过多，可在原进针点用针管吸出多余的脂肪。由于脂肪吸收率的多少无法预测，可造成矫正不足，可再次行颗粒脂肪注射术。

八、皮肤不平整

吸脂部位皮面不平整多因脂肪抽吸不当或未在皮下保留一定厚度的脂肪层抽吸过度引起，受区皮面不平整与注射不均匀、未按摩平整等有关。防止皮面不平整的最好方法是术中精细操作。严重的凹凸不平可用细的吸脂针进行抽吸修整，也可以通过再次少量的颗粒脂肪注射充填矫正。

九、色素沉着、感觉迟钝

切口或注射进针点出现色素沉着及术区感觉迟钝，常为暂时性，与个人皮肤易发生色素沉着及术中损伤末梢神经有关，一般可在3～6个月之内逐渐恢复。

十、脂肪栓塞

脂肪栓塞是自体脂肪移植最严重的并发症，发生率极低。国外有报道1例眉间区脂肪移植的受术者，术后出现失明。因此，注射时动作要轻柔，避免粗暴，注射前注意回抽。常选用2.5ml、1ml注射器带钝头注射针进行注射，以免刺伤血管。注入压力过大将脂肪注入血管可发生脂肪栓塞，引起严重的并发症。

（刘萍）

参考文献

[1] Xie Y, Zheng D N, Li Q F, et al. An integrated fat grafting technique for cosmetic facial contouring[J]. J Plast Reconstr Aesthet Surg, 2010, 63(2):270-276.

[2] Ohara H, Kishi K, Nakajima T. The unilocular fat-cell graft[J]. J Plast Reconstr Aesthet Surg, 2010, 63(3):488-492.

[3] 肖斌，刘毅，张绪生，等.脂肪颗粒组织在不同低温条件下冻存后活力分析及移植成活率测定[J].中华医学美学美容杂志，2007，13(2):97-100.

[4] Coleman S R. Structural fat grafts[J]. Clin Plast Surg, 2004, 31:122-123.

[5] Stampos M, Xepoulias P. Fat transplantation for soft tissue augmentation in the lower limbs[J]. Aesthetic Plast Surg, 2001, 25(4):256-261.

[6] Chajchir A, Benzaquen I. Fat-grafting injection for soft-tissue augmentation[J]. Plast Reconstr Surg, 1989, 84(6):921-934.

[7] 刘萍，刘毅，张晓萍，等.自体颗粒脂肪移植570例临床总结[J].中国美容医学，2007，16(4):461-463.

[8] 祁佐良，李二恪，王厚滨，等.颗粒状脂肪组织移植的实验研究[J].中华整形烧伤外科杂志，1997，13(1):54-56.

[9] 王有虎，刘毅，哈小琴，等.肝细胞生长因子基因转染骨髓间充质干细胞对移植颗粒脂肪新生血管形成的影响[J].中国美容医学，2007，19:1155-1157.

[10] 刘婕婷，刘毅，哈小琴.肝细胞生长因子基因转染脂肪细胞对移植组织工程脂肪存活的影响[J].中国组织工程研究与临床康复，2008，12(42):8206-8210.

[11] 王友彬，戚可名，赵敏，等.瘦素促进移植颗粒脂肪成活的实验研究[J].中华整形外科杂志，2004，20(5):366-368.

[12] Yi C G, Xia W, Zhang L X, et al. VEGF gene therapy for the survival of transplanted fat tissue in nude mice [J]. J Plast Reconstr Aesthet Surg, 2006, 60(3): 272-278.

[13] Lu F, Gao J H, Ogawa R, et al. Improvement of the survival of human autologous fat transplantation by using VEGF-transfected adipose-derived stem cells[J]. Plast Reconstr Surg, 2009, 124(5): 1437-1446.

[14] Kakudo N, Shimotsuma A, Kusumoto K. Fibroblast growth factor-2 stimulates adipogenic differentiation of human adipose-derived stem cells[J]. Biochem Biophys Res Commun, 2007, 359(2): 239-244.

[15] Kurita M, Matsumoto D, Shigeuras T, et al. Influences of centrifugation on cells and tissues in liposuction aspirates: optimized centrifugation for lipotransfer and cell isolation [J]. Plast Reconstr Surg, 2008, 121(3): 1033-1041.

[16] Moseley T A, Zhu M, Hedrick M H. Adipose-derived stem and progenitor cells as fillers in plastic and reconstructive surgery[J]. Plast Reconstr Surg, 2006, 118(3): 121-128.

[17] Choi J S, Yang H J, Kim B S, et al. Comparison of readily available scaffolds for adipose tissue engineering using adipose-derived stem cells[J]. J Controlled Release, 2009, 139(1): 2-7.

[18] 王克明，栾杰，穆兰花，等.提高自体颗粒脂肪移植成活率的研究进展[J].组织工程与重建外科杂志，2007，3(6): 353-355.

第十章
体表各部位颗粒脂肪移植

第一节　面部颗粒脂肪移植的大局观念

作为一名成熟的整形外科医师，在审视患者的面部之时，不仅要注意其眼、耳、鼻、额、颊等各个器官或部位的形态特点，而且要着眼于一个更高的层次，将患者的面部作为一个整体，去观察其面部的轮廓，找出面部轮廓的特点和缺陷，从而为改善患者的面部形态提供依据，这就是所谓的大局观。在临床上常常有这样的情况：有些患者的五官并没有明显的缺陷，但是看起来却不美观，究其原因可能与面部的轮廓不佳有关。因此在对待此类患者时应避免"头痛医头，脚痛医脚"的片面做法，而应全面审视患者的整体状况。在对患者实施面部颗粒脂肪注射移植前，尤其应该应用面部轮廓美学的概念，对患者的面部轮廓进行全面而正确的判断，从而有针对性地采取多元的而不是单独孤立的解决方法。

一、面部轮廓的概念

面部由额、颞、颧、颊、颏等部位和眼、耳、鼻、唇、眉等器官组成。不同个体的面部形态有其自身的特点，面部各部位长短肥厚的不同、各器官大小凹凸的微小差别造就了人类千差万别的面貌。近年来，面部骨骼轮廓整形的概念已深入人心，通过对面部骨骼的再塑形可以使患者有明显缺陷的面部轮廓（例如颧骨宽大、下颌角肥大等）得到很大改善。但是构成面部轮廓的基本要素并不仅仅是面部骨骼（包括软骨），还包括众多的软组织，正是骨骼和软组织的不同，造成了不同的面部轮廓。所以，面部轮廓的整形应包括面部骨骼轮廓整形和面部软组织轮廓整形两个方面。

（一）面部骨组织轮廓整形

面部骨组织轮廓整形是通过对面部骨骼的截除、移植或移位等手段，以达到改变患者面部轮廓的治疗手段。例如，常见的颧骨截骨缩小术、下颌角截骨缩小术、驼峰鼻整形术和颏部水平截骨前移术等等，都是属于面部骨组织轮廓整形的范畴。

（二）面部软组织轮廓整形

面部软组织轮廓整形是通过对面部软组织的填充、移植、移位或去除等手段，以达到改变患者面部轮廓的治疗手段。例如颞部充填术（假体或自体组织移植）、颞浅筋膜移植面部充填术、面部抽脂术、面部自体颗粒脂肪充填术、上睑和眶睑沟自体颗粒脂肪充填术、颧内侧自体颗粒脂肪充填术等等。面部软组织轮廓整形具有手术简单易行、风险相对较小、手术条件要求相对不高、易于在基层整形美容机构实施等优点，因此受到越来越多的推崇。

作为整形外科医师，应该根据患者的具体情况进行全面分析，选择正确的手术方法来解决患

者的面部轮廓的问题。

二、正位面部轮廓(面形)的分型和美学概念

根据波契(Poch)分类法,面形可分为10种类型,即椭圆形、卵圆形、倒卵圆形、圆形、方形、长方形、菱形、梯形、倒梯形和五角形。

(一) 卵圆形

面部轮廓上大下小,形态接近鹅卵,是人们最喜爱的脸形,也是大多数要求改变脸形的求美者所追求的脸形。

(二) 椭圆形

面部轮廓接近椭圆,这也是人们比较喜爱的脸形。

(三) 倒卵圆形

面部轮廓上小下大,虽然形态也接近鹅卵,但是由于下面部宽阔,额部窄小,普遍不受人们喜爱。这种脸形的整形手术就是对额、颞部进行填充加宽,对下颌部进行缩小,以达到接近卵圆形或椭圆形的目的。

(四) 圆形

面部轮廓较圆,显得丰满,又被人们称为"满月脸"。由于这种脸形过于宽阔,整形时主要是通过对脸的中下部骨骼的截除或软组织的去除或萎缩(例如用A型肉毒毒素咬肌内注射)来改善。

(五) 方形

面部长宽几乎相等,额部宽阔,下颌角宽大,面部呈方形。这种脸形的整形手术也是以下颌角截骨和部分下面部软组织切除或萎缩(例如用A型肉毒毒素咬肌内注射)为主。

(六) 长方形

面部长大于宽,额部宽阔,下颌角宽大,面部呈长方形。这种面形的整形原则基本同方形。

(七) 菱形

额颞部窄小,下面部尖瘦,使颧部显得宽大,整个面部呈菱形。有的人即使面部并不宽大,但颧部突出,如枣核样。由于这种脸形显得两头尖,在外观上给人以猥琐的感觉。整形的原则是以额颞部充填加宽为主,如果面颊部也过于尖瘦,适当给予软组织充填可以达到接近卵圆形的较理想的效果。

(八) 梯形

面部上窄下宽,下颌角宽大,呈梯形。这种脸形的求医者大多是冲着宽大的下颌角来的。虽然下颌角截骨和咬肌内肉毒毒素注射可以有效解决下面部宽大的问题,可是上面部还是需要进行充填,以增宽狭窄的额颞部。

(九) 倒梯形

面部上宽下窄,额颞部过度宽阔。若下面部过窄,可以用软组织充填加以改善。

(十) 五角形

额颞部不够宽阔,颧骨和下颌角均显突出,面部呈五角形。整形的原则就是截除过度突出的颧部和下颌角,若有必要还可对狭窄的额颞部进行软组织充填。

(十一) 不规则形

因面部发育异常或者外伤、手术等,导致面部轮廓呈不规则状,例如半面萎缩、鳃弓发育畸形以及外伤、面部肿瘤手术后导致的面部轮廓畸形。

三、半侧位面部轮廓的美学概念

半侧位时面部由于各部位的凹凸使面部呈S状起伏。较理想的半侧位的S形轮廓应是：①额部凸起；②眼外眦部凹陷；③颧部如花瓶样突出；④颊部弧线从颧部向内下方延伸并微微向外凸起，无明显的突出或凹陷，到颏部时再向外突出翘起；⑤颈部弧度从颏部下方迅速内收。如此形成凸起—凹陷—凸起—凹陷—凸起—凹陷的连续S形轮廓。适度凹凸有致的面部半侧位S状形态比正位的面部更能给人以立体的美感。面部半侧位凹凸不显或过度凹凸都会严重影响面部的美感，前者由于凹凸不显而给人以大饼脸的印象，而后者则由于某些部位的过度凸起或凹陷而给人以凸头、抠眼、高颧、月牙脸和双下巴等不良的感觉。面部骨骼轮廓整形和软组织轮廓整形就是通过对面部骨骼和软组织的消减或增添增加大饼脸的凹凸程度，对过度凹凸的面部削峰填谷使之凹凸适度，其中颗粒脂肪充填是面部软组织轮廓整形最重要和最常用的手段之一。

四、侧位面部轮廓的美学概念

侧位时面部由于各器官的凹凸使面部出现更多的S形起伏，且S起伏更加明显：额部突出，鼻根部凹陷，鼻背和鼻尖明显突出，鼻底部凹陷，上下唇微凸出，下唇下部位凹陷，颏部再次突出，颈部凹陷。侧面面部各器官适度的连续凹凸可使面部呈优美的S形轮廓，而不适度的凹凸则必然对侧面面部轮廓的美感产生负面影响。

五、中老年人面部软组织轮廓的变化特点

青少年时期是软组织发育最完美的时期，丰润和紧致的肌肤、极富弹性的肌肉使青少年充满了青春的活力。面部轮廓丰满，骨形轮廓不明显，四肢和躯体苗条是年轻人的体态特点。随着年龄的增长，中老年人的体态逐渐发生变化：骨骼出现疏松和萎缩，皮肤逐渐松弛和变薄，皱纹越来越多，肌肉弹性日渐下降，面部软组织出现萎缩和移位，而四肢和躯体的脂肪却逐渐增厚甚至堆积，出现腰粗臀肥的特有体态。因此中老年人与年轻人的面部外观在软组织方面的差别远远大于骨组织方面，简而言之，年轻人面丰润而体瘦，骨性标志不显；中老年人（尤其是体重增加不多，体形保持相对较好的中老年人）则面松瘦而体胖，骨性标志明显。

老年人面部软组织具有薄、松、瘦和弹性差的特点，皮肤、皮下脂肪和肌肉变薄、松弛并移位，面部轮廓则表现为颞部凹陷、上睑凹陷、颧骨内侧凹陷和下垂、颊部消瘦、鼻唇沟深陷、眉弓突出、颧骨突出、眼袋突出、眶睑沟明显凹陷等。以往针对老年人年轻化的手术有面部皮肤提紧术、上睑皮肤部分切除术、眼袋整形术、提眉术等，但是这只能部分解决软组织松弛的问题，对于老年人面部软组织萎缩、局部凹陷、轮廓失圆润等面部容积空虚的变化只有用软组织充填的手段才能纠正，对许多因软组织松弛和移位所导致的骨感突出，使用软组织充填的方法也常常可以取得一定的效果。即使是较为年轻的人，若面部过于消瘦，也会出现中老年人的面部变化，然而在进行面部脂肪充填后，又可以显现出年轻人特有的丰润，在脂肪尚未被吸收的早期甚至可以出现儿童所特有的娃娃脸现象（图10-1）。



图 10-1　面部脂肪充填前后(28 岁女性)

A. 手术前正面观,因面部消瘦明显,呈中年样面貌:颞部凹陷,颧部内侧低平,面颊极度消瘦并凹陷,面容衰老和憔悴　B. 颞部、颧部内侧和颊部颗粒脂肪充填术后 1 周,因面部脂肪尚未吸收,肿胀明显,但随着颞部、颧部内侧的隆起和面庞的充盈,呈现出儿童特有的娃娃脸　C. 手术后 8 个月,颞部、颧内侧和面颊部均较手术前丰满,外观呈年轻化改变,显现出与其年龄相符合的面容

第二节　自体颗粒脂肪的采集和制备

一、颗粒脂肪的采集

(一) 供区的选择

颗粒脂肪的采集应首先考虑不影响患者外观、不会造成患者明显不适和功能障碍、脂肪比较丰富和较易于采集的部位,例如大腿(包括内、外侧)、臀部、腹部和腰部等处。

(二) 肿胀液的配制

每 500ml 生理盐水中加 2%利多卡因 10ml、肾上腺素 0.5ml。

(三) 颗粒脂肪的抽取

因为脂肪抽吸机所产生的负压过低,会对颗粒脂肪的活性造成严重的负面作用,因此颗粒脂肪的抽取不宜采用脂肪抽吸机。使用具有电子、超声等辅助装置的吸脂机采集颗粒脂肪时,因会严重破坏脂肪组织,也不可作为颗粒脂肪采集的设备。颗粒脂肪的采集可采用 20ml 注射器连接适当直径和长度的专用脂肪抽吸管,对注射过肿胀液的供区进行抽取。抽取时先将连接注射器的抽脂针插入供区皮下,然后用单手拇指和食指握住注射器体部,用中指、环指和小指握住注射器活塞远端,轻轻向外出抽出活塞从而造成极小的负压,随后呈拉锯样往复抽取,即可抽出细小的颗粒脂肪。那种在注射器脂肪抽吸法中采用的将注射器活塞拉至最大,然后用器械卡住活塞柄,防止注射器活塞因负压回弹的方法仍然会在初始抽吸时产生较大的负压,可能会对颗粒脂肪的活性产生不利影响,因此不被推荐使用。

二、颗粒脂肪的制备

一般用于移植的颗粒脂肪均采用自然沉淀法制备。

当采集的颗粒脂肪达到注射器容量的一大半时，就可以进行纯净颗粒脂肪的制备了。完成颗粒脂肪抽取后，可利用脂肪的比重比水轻的原理，将注射器头向下垂直摆放，使一同被抽出的含血性的肿胀液下沉，并推出肿胀液，保留上浮的颗粒脂肪。拔出注射器活塞，用细长针挑出全部纤维结缔组织团块等物，保留纯正的脂肪约达注射器一半的刻度，再重新安装上注射器活塞。抽取生理盐水并再次垂直放置注射器数分钟，使颗粒脂肪充分上浮，再次推出下沉的盐水。如此反复3～5次，推出注射器内的生理盐水后，剩下的颗粒脂肪就可达到橙黄色的纯正的状态。需要注意的是，在颗粒制备的过程中应始终保持注射器的垂直放置，以便使颗粒脂肪上浮和生理盐水下沉。脂肪洗涤制备完成后，将注射器继续保持垂直位30～60分钟，以便尽可能多地沉淀出生理盐水，因为沉淀出的生理盐水的量与沉淀的时间成正比。沉淀完成后的注射器内可以看到四层不同的物质：最底层的是比重最重的生理盐水；生理盐水之上的是稍显浑浊的薄层，主要内容物是较小的纤维结缔组织和破碎的脂肪细胞，因脂肪细胞破碎，液态的油滴游离到细胞外，其比重轻于生理盐水而稍重于完整的颗粒脂肪；破碎脂肪细胞层上方较厚的橙黄色物质就是用于注射的颗粒脂肪层；因脂肪细胞破裂而游离出的黄色油滴因比重最轻而位于注射器的最上层，紧贴注射器的活塞。颗粒脂肪的制备应仅保留纯正的颗粒脂肪，不但要去除生理盐水，而且也应去除纤维组织和破碎脂肪细胞层和最上方的油滴层。

在颗粒脂肪制备过程中，沉淀是耗时较多的项目，所以可以采取离心机离心法加快颗粒脂肪的制备过程。但是有报道认为离心技术对颗粒脂肪的活力会产生一定的负面影响，其活性可随离心速率的增加而降低。而较低速率的离心可能对脂肪细胞的活力影响较小，建议选用1000r/min的速率，离心1分钟即可。

因自然沉淀法和离心法所得到的颗粒脂肪浓稠度不同，所以在注射时要区别对待（详见第九章第二节）。本章介绍的注射量都是以自然沉淀法所获得的颗粒脂肪量计算的。

第三节 各部位颗粒脂肪移植的方法

一、额部颗粒脂肪注射移植

（一）移植指征

额部窄小、额部前凸不足和额部局部凹陷，均可采用额部颗粒脂肪移植。

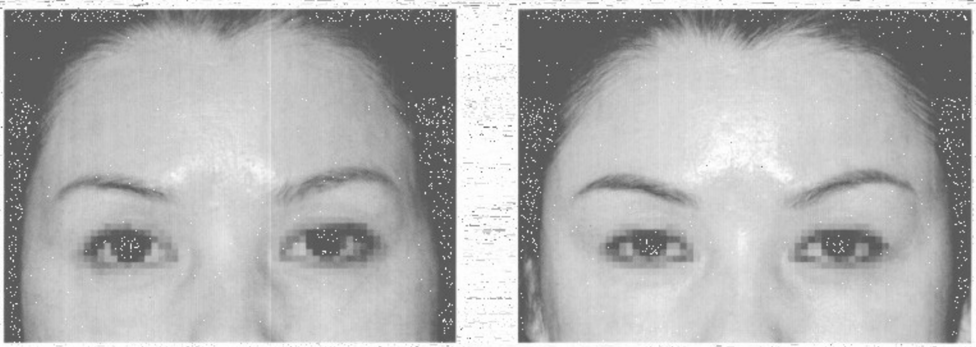
（二）手术方法

额部颗粒脂肪移植时应仔细观察患者额部的形态，根据不同的形态进行有针对性的充填。

1 额部窄小 额部窄小的患者常伴有颞部的凹陷或窄小，给人以尖尖的感觉，因此常常需要同时进行颞部的充填。

手术前先用亚甲蓝标记出应注射填充的范围，对同时伴有颞部凹陷的患者可同时标记出颞部应填充的范围，以便对两处一并注射填充。手术可在不插管的静脉麻醉下进行。对于额部较窄的患者，手术时应将颗粒脂肪主要注射在额部的两侧，以扩展额部两侧的宽度；对于额部前突不足的患

者,手术时可将颗粒脂肪均匀地注射在整个额部;对同时伴有颞部凹陷的患者应将两处的缺陷作总体考虑,一并充填。注射点常选择在额部或颞部的发际内,用直径 1.5mm 或 2.0mm 的钝头脂肪注射针进行注射,注射范围应略超出额部和颞部的发际。颗粒脂肪的注射量可根据注射范围的大小、凹陷的程度而定。通常的注射量为 5~8ml/每侧额部或 15~20ml/全额部。可采用两侧颞上部发际内进针,这样既可注射到全额部,又能方便地对凹陷的颞部进行注射。注射时应采用多点、均匀、密集的注射方法,每点仅注射少量颗粒脂肪(0.2~0.3ml)。将颗粒脂肪注射在额肌的深层,注射完毕后要进行触诊检查,以及早发现注射不平整的部位。手术中可对因注射不足而稍显凹陷或空虚的部位进行局部补充注射,对因注射过多的隆起部位进行按压,务必使之平整。对于一次注射充填后仍显不足的患者可在 3 个月后再次注射,大多数患者经过 1~2 次注射就可以达到比较满意的效果(图 10-2)。



A　　　　B

图 10-2　额部颗粒脂肪注射前后

A. 34 岁女性,额部稍狭窄,颗粒脂肪注射前　B. 颗粒脂肪注射后 9 个月,额部饱满而宽阔,脸形改善

2　额部前突不足　表现为全额部前突不足,因此应将颗粒脂肪均匀地注射在整个额部。

手术前站立位标记出需要充填的范围,对需要重点充填的地方可用等高线的方法特别标注。手术可在基础麻醉下进行。由于头皮坚韧、移动度差,而额部较宽阔,略呈圆弧状突起,一个注射口往往不能满足全额部的脂肪充填,因此采用发际内注射入口时,可沿额部发际上约 0.5cm 做多个进针口。由于额部略呈圆弧状突起,直的脂肪注射穿刺针难以从额上发际穿越整个额部到达眉部,因此可将穿刺针稍弯曲,使之呈与额部接近的弧度,以方便穿刺。通过多个穿刺点,将颗粒脂肪均匀地注射到整个额部,注射量通常为 20ml 左右(不包括颞部)。首先要注意注射的均匀性和分散性,不要使颗粒脂肪在局部堆积。其次要注意不要只顾额部的突起而忽略了眉弓的自然突起,只对额部进行脂肪注射可能造成手术后眉弓的自然突起消失的尴尬局面,所以必要时可以对眉弓部位同时注射,以保持原有的眉弓曲线。第三要注意注射部位和未注射部位的平整过渡,不要使注射的边缘有明显的台阶样突出,可通过逐渐减少注射量和按压边缘的方法,保持两者的平整过渡。注射完毕后还要仔细检查注射部位是否平整和均匀,用手法对突起的局部进行按压平复,对检查发现的局部空虚凹陷应补充注射少量颗粒脂肪使之充盈饱满,以免消肿以后再次出现局部凹陷。经反复检查确定额部充填部位整体略高于额部正常凸度,外观没有局部的异常突出和凹陷,以达到表面的平整和自然。

3　额部局部凹陷　额部局部凹陷大多因外伤、手术或感染等原因引起,也有少数是因先天性

畸形所致。由于凹陷仅仅表现在额部的局部范围，因此只需要对凹陷的局部进行一次或多次的脂肪充填即可达到较为满意的结果。瘢痕所致的凹陷有可能在注射后仍因瘢痕挛缩而凹陷，对此类患者除了对额肌下进行颗粒脂肪充填外，还可以通过特制的瘢痕分离器将瘢痕与粘连的额肌小心剥离开，将颗粒脂肪注射到瘢痕和额肌之间的间隙，以增加局部的凸度。

（三）常见并发症及其预防

1 注射部位不准确 因技术问题或标记不准确，可导致注射范围出现偏差，造成额部变形。因此手术前应仔细观察患者的额部形态，以准确判断矫正的范围并正确标记。

2 局部不平整 多因手术中注射不均匀，或没有在注射完成后对注入的脂肪用手法进行抚平整理所致。

3 注射部位与未注射部位分界明显 其原因是忽视对注射边缘的手法整理所致。因此对于注射部位边缘的处理一定要细致，要用按压、推挤等手法将其边缘形成坡形过度，以避免出现明显的台阶样畸形。

二、颞部颗粒脂肪注射移植

（一）移植指征

面部轮廓呈菱形、倒卵圆形、椭圆形、梯形和五角形的患者颞部常有一定程度的凹陷；因颧骨偏高而颞部显得不丰满，但又不愿意接受颧骨截骨缩小手术的患者，均可考虑用颞部颗粒脂肪充填的方法，通过增加颞部的丰满度而达到使颧部凸度相对不显的效果。

（二）手术方法

颞部颗粒脂肪移植前应仔细观察患者颞部的形态，进行有针对性的充填。颞部凹陷的患者常伴有额部窄小，对此类患者应将凹陷的颞部和窄小的额部同时用充填术解决。

手术前站立位标记出需要充填的范围，对需要重点充填的地方要用等高线的方法特别标注。手术可在基础麻醉下进行。通常标记的范围是：下线位于颧弓，上线大多位于颞肌的前上缘或与额部连接的部位，前方在眼眶外缘，后方进入发迹线以内。对于伴有额部狭窄的患者，上缘应根据其额颞部的实际情况进行标记。

注射的穿刺点选在两侧鬓角的发际线内，以便能兼顾到所有的注射范围。先用12号注射针在确定的穿刺点皮肤做一个小穿刺孔，用10ml注射器连接直径1.5mm或2.0mm的钝性脂肪注射针经小穿刺孔注射自体脂肪。为了利于更多的移植脂肪存活，应采用多层注射。首先在颞浅筋膜的浅层注射，使注射的脂肪可以顺着颞浅筋膜的疏松间隙向外扩张。注射时由助手协助将手指压住标记范围的外缘，以防颗粒脂肪被误注入标记范围以外。浅层注射完毕后应仔细检查注射是否均匀，表面是否平整，抚摸表面时是否感到凹凸不平，对突出的部位可以用手法按压使之平复，对凹陷的部位可以再注入适量的颗粒脂肪。浅层注射完毕后，再将穿刺针穿入颞部深层(相当于颞深筋膜深层的层次)进行颗粒脂肪注射。通常每侧颞部注射颗粒脂肪15～20ml，其中浅层的注射量约占总注射量的70%，深层的注射量约占总注射量的30%(图10-3)。

（三）常见并发症及其预防

1 两侧不对称 既可表现为两侧脂肪注射位置高低不同而性成的不对称，又可表现为两侧脂肪注射量的不同而造成的不对称。避免颞部不对称的方法是正确标记注射范围，准确把握两侧颞部的注射量，注射完毕后仔细检查，必要时补充注射或抽出过多注入的颗粒脂肪。

2 与额部的连接和过渡不流畅 如果颞部注射的范围过小，没有兼顾到与额部连接处的流畅性，会造成原有的颞部突出，额颞交界部凹陷、额部再突出的畸形表现，因此处理好额颞交界部



A



B

图 10-3 颞部颗粒脂肪注射前后

A. 25 岁女性，颞部凹陷，额部狭窄，颗粒脂肪注射前；B. 颗粒脂肪注射后颞部饱满，额部宽阔，脸形明显改善

的连接十分重要。必要时可将注射范围向额部稍加延伸，注射完毕后再用按压、推挤等手法技巧，以维护额颞部的流畅过渡。

3 发际两侧的高低差别过大。原因是在颗粒脂肪注射时仅注射到发迹边缘，没有在发际内的头皮帽状腱膜下进行注射，使注入的脂肪一直延伸到头皮发际内，恢复后在发际边缘可以看到明显的台阶样不平。避免的方法是将颗粒脂肪注射的范围扩大到发际内，从而使颞部的隆起不会显得突兀。

三、上睑颗粒脂肪注射移植

（一）移植指征

中老年性上睑凹陷、重睑手术后上睑凹陷、眼眶骨折后上睑凹陷、家族遗传性上睑凹陷等均可进行上睑颗粒脂肪注射移植。

（二）手术方法

对不同原因引起的上睑凹陷应采取不同的方法。中老年上睑凹陷的原因是眼眶内容物下垂导致的上睑眼眶内容物减少，尤其是上睑眶隔内脂肪减少所致，因此手术中应将颗粒脂肪注射入上睑的眼轮匝肌的深层和眶隔内，由于患者通常伴有下睑的眼袋形成，因此可以同时进行眼袋整形手术。家族遗传性上睑凹陷患者在年轻时就因上睑眶隔内脂肪较少而出现一定程度的上睑凹陷，因此可将注射颗粒脂肪注入眼轮匝肌深层或眶隔内即可。眼眶骨折（尤其是眶底骨折）后，眼内容物可能因骨折裂隙、眶底塌陷等原因而下陷，导致上睑凹陷，对此类患者应先治疗眼眶骨折，对塌陷的眼眶底部进行修复，将眶内容物复位后再根据具体情况择期进行上睑颗粒脂肪充填。重睑成形术后上睑凹陷的矫正比较复杂。对于上睑脂肪去除较多而重睑弧度和形态尚好的患者，因为其上睑深层常未受到严重破坏而没有广泛的瘢痕，因此只需要对上睑充填一定数量的颗粒脂肪即可。对于重睑过宽、上睑凹陷严重的患者，尤其是“欧式眼”患者的矫正可能面临更多的困难，因为其上睑深层组织常常已受到较大的损伤，眼轮匝肌深层、眶隔等均瘢痕粘连严重，而眶隔内脂肪的缺失使得即便是将瘢痕分离、重睑重新正确定位缝合，也会因为没有眶隔脂肪将眼轮匝肌与深层隔离而再次粘连，造成重睑修复的失败，而且仅仅在深层注射颗粒脂肪也不能解决眼轮匝肌和深层组织的粘连。更困难的是注入上睑凹陷部位的脂肪可能因凹陷部位的瘢痕粘连而向较为疏松的部位移位，使注入的颗粒脂肪不能按意愿进入需要填充的部位，造成上睑表面不平整。对于此类患

者只能分次进行上睑修复，即先在缺失脂肪的上睑注射颗粒脂肪，虽然不能达到上睑平整，但能使上睑凹陷得到一定程度的矫正，待瘢痕软化后再进行重睑的修复，这时上睑深层已有一定数量的脂肪，可以在修复的过程中用来垫在眼轮匝肌的深层，有助于防止皮肤与深层组织的不当粘连。

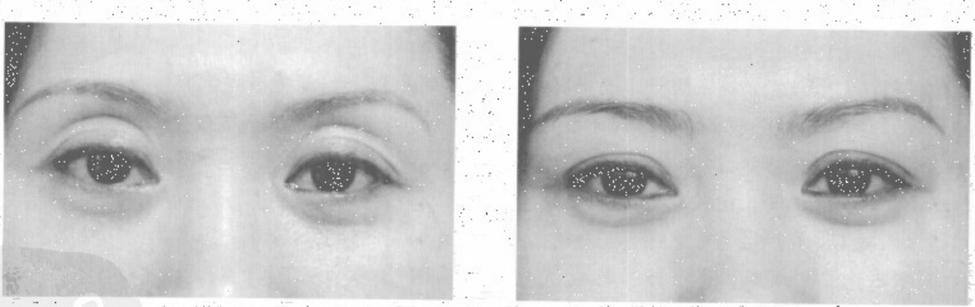
手术前站立位标记上睑需充填的范围。用直径 1.5mm 或 2.0mm 的单孔钝性脂肪注射针连接 2ml 或 5ml 注射器作穿刺，也可用 18 号或 16 号硬膜外穿刺针连接 2ml 或 5ml 注射器作穿刺。穿刺点可选择在外眦部眼眶外侧壁内缘。在穿刺点作局部麻醉后，用 12 号注射针将穿刺点穿一小孔，脂肪注射针即可通过该孔穿入皮肤，进入皮肤后注射针沿眼球和眼眶外上方壁间隙向上方继续穿刺，钝性穿刺针穿透过眼轮匝肌时可有突过较致密组织时的脱空感，此时穿刺针应该已穿过眼轮匝肌深层。将穿刺针在眼轮匝肌下横行至标记线内侧端，横行穿刺时应感到阻力极小，若阻力较大则可能是穿刺层次过深或过浅，被深层的眶隔、上睑提肌或浅层的眼轮匝肌等组织所阻挡的缘故，此时应调整注射的层次，直至脂肪注射针横行阻力极小。从上睑内侧开始，边缓慢推注脂肪边缓慢退出脂肪注射针，直至标记线外侧端。每侧上睑根据患者的情况注入脂肪 1.5～2.5ml。注射时务必注意脂肪分布的均匀性，尽可能避免颗粒脂肪在局部聚集成团或部分区域注射不足。如果发现上睑局部有颗粒脂肪形成的结节时，可在上睑与眼球之间放置睑板垫，用手指在上睑表面进行适度挤压，使之平复（图 10-4、图 10-5）。



A　　　　B

图 10-4　上睑颗粒脂肪注射前后(一)

A. 47 岁女性，手术前上睑明显凹陷，外观显衰老和憔悴　B. 双上睑颗粒脂肪注射后 20 个月，上睑虽仍有轻度凹陷，但已有明显改善



A　　　　B

图 10-5　上睑颗粒脂肪注射前后(二)

A. 45 岁女性，手术前上睑重度凹陷，外观显衰老和憔悴　B. 双上睑颗粒脂肪注射后 6 个月，上睑凹陷完全纠正，眼睛比术前显得年轻、有神

1. 关于脂肪注射的深度 从原则上讲，脂肪注射的深度最好位于眶隔内，这是最符合解剖结构的位置，但由于此类患者的眶隔空瘪，欲使穿刺针盲穿进入眶隔之内实属不易，故不必强求。相反，如果穿刺过深，注入的脂肪有可能堆积在上睑提肌处，会导致术后出现明显的获得性上睑下垂症状，个别严重者需手术取出注入的脂肪才能恢复正常。脂肪注射也不宜过浅，位于眼轮匝肌浅层的脂肪容易显出其轮廓，出现上睑表面的高低不平。因此只需确保注入的颗粒脂肪位于眼轮匝肌深层并均匀分布即可。

2. 关于颗粒脂肪的注射量 不同部位的脂肪有其不同的特点。眼睑眶隔内脂肪的多少未必和机体的胖瘦有关，上睑臃肿的人未必是肥胖者，消瘦的人也不一定都有上睑凹陷。可能是身体其他部位的脂肪不同于上睑脂肪的缘故，确有少数人在上睑脂肪注射后形态满意的情况下，几年后会出现脂肪增厚导致上睑臃肿的现象；有的人上睑脂肪注射几年以后身体发胖，而上睑的脂肪增多更加明显，这一表现与正常人明显不同。因此对于上睑凹陷的颗粒脂肪注射量应以宁少勿多为原则。由于每个人的上睑凹陷程度不同，每个医师的手术手法不同，每个人的脂肪吸收量也不同，且移植脂肪的存活率受各种因素的影响差异甚大，部分患者需要进行第二次注射才能达到满意的效果。

（三）常见并发症及其预防

1. 上睑臃肿 由于脂肪注射过多所致。也有个别人在脂肪注射后形态良好，但几年后随着身体的发胖，上睑脂肪逐渐增多增厚，显得臃肿，其原因可能与注射的脂肪来自身体的其他部位，其生长特点与原上睑的脂肪有所不同。因此上睑颗粒脂肪的充填量不宜过多。过多的脂肪需通过手术取出一定数量的脂肪方能恢复（图 10-6）。





A B



C

图 10-6 上睑颗粒脂肪注射后导致的上睑臃肿

A. 49 岁女性，颗粒脂肪注射前上睑明显凹陷 B. 双上睑颗粒脂肪注射后 2 个月，上睑凹陷已得到纠正，没有出现上睑臃肿的现象，眼部美观 C. 手术后 1 年，上睑脂肪增生，出现上睑臃肿的现象

2 两侧不对称 其原因为:①在同样注射量的情况下,注射的深浅不一。注射过深上睑隆起不明显,注射过浅则上睑隆起明显,但可能不平整,因此两侧的注射深度不一就可能造成不对称和不平整;②两侧注射量有差别,可以造成两侧上睑饱满程度的不对称;③即使颗粒脂肪的注射量相同,但注射浓稠度不一样(沉淀的时间不同)也会造成实际注入脂肪量的不同(图 10-7)。

3 上睑不平整 脂肪注射不均匀是造成上睑不平整的主要原因。因此在注射中要时刻关注注射的深度和均匀度,注射过浅时容易在上睑表面显出脂肪团的轮廓,注射不均匀则势必产生上睑的凹凸不平。因此在正确的层面均匀注射是避免上睑不平整的关键(图 10-7)。



图 10-7 上睑颗粒脂肪注射后的不对称和不平整
24 岁年轻女性,有严重的上睑凹陷,经过 3 次上睑颗粒脂肪注射。手术后 1 年,患者双上睑的饱满程度明显不一致,右侧脂肪充填量适中,但上睑内侧局部可见脂肪团隆起;左侧上睑稍显臃肿,其内外两边均有局部脂肪团隆起

4 注入的脂肪团轮廓明显 颗粒脂肪注射至眼轮匝肌浅层时,尤其是注射量较大时容易显出注入的颗粒脂肪轮廓,因此颗粒脂肪注射的层次,不要过浅,务必在深达眼轮匝肌深层或眶隔内。

5 脂肪注射过深 主要表现为上睑隆起不多和明显的上睑下垂,这一方面是注射位置过深不能起到隆起上睑皮肤的作用,另一方面是注入的脂肪团过深会影响上睑提肌的功能。注射颗粒脂肪过多的患者大多在 3～4 周后上睑下垂会得到恢复,极个别需手术取出注入过多的脂肪团后上睑下垂方能彻底恢复(图 10-8)。

6 颗粒脂肪注射到凹陷以外的部位 临床上极少见到误将颗粒脂肪注射到上睑标志内侧的情况,大多是将颗粒脂肪注入上睑标志以外的部位,并在该部位产生不正常的局部隆起,与饱满的上睑很不协调。其原因大多是在注射到接近外眦时由于对注射针头所在位置没有正确的估计,当注射针头已经到达标志线以外的位置时没有及时停止注射,而将颗粒脂肪注射到不需要注射的部位(图 10-9)。



图 10-8　上睑脂肪注射过深导致的上睑下垂和充盈不足
患者 11 年前曾接受重睑成形术，因手术创伤较大和取出过多的眶隔内脂肪，出现双上睑凹陷和重睑过宽。照片显示上睑颗粒脂肪注射后即刻的眼部情况：左上睑已正常充盈，右上睑由于脂肪注射过深，而不能被充盈，出现明显的上睑下垂



图 10-9 颗粒脂肪注射到凹陷以外的部位
36 岁年轻女性，因上睑重度凹陷，9 个月前行上睑颗粒脂肪注射，术后发现右上睑外眦局部臃肿，皮下有脂肪团样结节，且该脂肪结节位于脂肪注射的标志以外

四、下睑颗粒脂肪注射移植

下睑凹陷是常见的面部老化的症状之一，其特点是下睑下部的眶睑沟出现一条斜行向下的凹陷性痕迹（有人称之为"泪沟"），但眶睑沟上方的下睑中部却可见突出的眼袋。在眼袋明显的情况下，眶睑沟的凹陷症状常被关注，但是去除眼袋后眶睑沟凹陷所产生的负面视觉效果仍然给人以衰老和憔悴的印象。对于这种情况，术者应该在手术前与患者作详细沟通，指出患者已存在凹陷的眶睑沟，建议在眼袋手术中同时进行眶睑沟的填充（将眶隔内的脂肪释放至眶睑沟或行眶睑沟颗粒脂肪充填），以免术后误认为是在术中去除过多的眶内脂肪所致。另外，由于整形美容手术的普及，近年来眼袋整形手术后眶内脂肪去除过多导致的下睑凹陷也呈多发状态。眼袋脂肪去除过多导致的下睑凹陷也会给人以衰老、疲惫的面貌，这种下睑凹陷与老化所致的眶睑沟凹陷有所不同，前者是整个下睑的凹陷，而后者仅仅是眶睑沟的凹陷。

（一）移植指征

中老年下睑眶睑沟凹陷，眼袋整形手术后眶睑沟凹陷等，均可采用下睑颗粒脂肪注射充填。

（二）手术方法

站立位观察下睑眶睑沟凹陷的程度和范围，并用亚甲蓝对凹陷部位和凹陷部眶缘分别作出标

记。将待移植的颗粒脂肪注入1ml或2ml注射器，用直径1.5mm钝性脂肪注射针进行颗粒脂肪注射。脂肪注射的穿刺点可选择在下睑眶睑沟外侧直线延长线约2cm处的颧骨处。先在穿刺点注射少量1%利多卡因注射液进行局部麻醉，再用12号注射针穿刺皮肤全层后即退出注射针。以该点作为脂肪注射的穿刺点，用钝头脂肪注射针从穿刺点进入后沿眶缘标志线深层紧贴眶缘的骨骼上缘和前缘进行颗粒脂肪注射，注射量根据凹陷的程度和范围而定，约为每侧0.5～0.8ml，眶睑沟凹陷严重且范围较大的患者颗粒脂肪注射量可达1ml以上。对于睑袋整形手术后伴有下睑凹陷的患者，可在眶缘上方凹陷较明显的部位视凹陷的程度每侧增加0.2～0.4ml的注射量，深度为眼轮匝肌层。注射时以每点注射极少量的颗粒脂肪为原则，按照先眶前后眶上、先远端后近处、先深层后浅层的顺序边注射边退针，切忌不按顺序和部位盲目注射，以免有的部位因重复注射而过于臃肿、有的部位因遗漏注射而仍有凹陷的情况出现。注射完毕后应再次仔细观察注射部位（可嘱患者坐起，以便更好地观察），对注射范围和均匀程度进行评价，对未注射到或注射不足的局部进行补充注射，对凸起的局部进行手法挤压使之平复（图10-10）。



图10-10　眶睑沟颗粒脂肪注射前后

A. 32岁女性，手术前下睑可见明显的眶睑沟（数年前曾行重睑成形术，但术后外观不佳，上睑凹陷，重睑过宽）；B. 眶睑沟颗粒脂肪注射后一年半，眶睑沟已不明显，经同时行上睑颗粒脂肪注射，上睑凹陷得到纠正，过宽的重睑也恢复正常

（三）常见并发症及其预防

1. 局部不平整　注射颗粒脂肪不均匀，导致部分脂肪团堆积，注射结束后没有对注射部位进行必要的按压，导致有的部位凸出，有的部位凹陷。手术时注意每点仅注射极少量的颗粒脂肪，边注射边观察局部隆起的状况，注射完毕后进行必要的手法抚平按压，注射后嘱患者坐起观察并进行必要的补充注射，这样基本可以避免出现局部不平整的情况。

2. 注射部位不准确　注射部位错误会导致下睑局部异常隆起，颗粒脂肪注射位置较高者如同眼袋。导致注射部位不准确的常见原因有术前没有进行标志或标志不准确，注射时因穿刺针在软组织内移动性大，术者经验不足导致定位不准。

3. 局部臃肿　由过量注射颗粒脂肪所致。

五、颧内侧颗粒脂肪注射移植

颧内侧丰满是年轻面容的特点之一。中老年人由于面部软组织的萎缩和下垂，颧内侧会表现为斜向下方的片状平坦甚至凹陷，在较瘦的中老年人中表现得更加明显。此外，中面部前凸发育不足的患者也常表现为颧内侧鼻底部的平坦或凹陷，使面部轮廓不佳，并给人以大于实际年龄的感觉。

（一）移植指征

中面部前凸发育不良、颧内侧平坦或凹陷、中老年性颧内侧松弛性平坦等，均可通过颧内侧颗粒脂肪注射进行矫正。

（二）手术方法

颧内侧颗粒脂肪注射的穿刺点可以选择在鼻翼沟或鼻唇沟处，注射的范围为：上缘为眼眶下缘，内侧为鼻外缘和鼻唇沟外侧，外侧大约在同侧眼角膜外缘的垂线的颧部，类似倒三角形区域。用亚甲蓝标记出需注射治疗的范围后，先用12号注射针将穿刺点穿一小孔，使用直径1.5mm钝头脂肪注射针即可通过该孔穿入皮肤，而后穿刺针进入颧部软组织深层直至眼眶下缘。先用多隧道、多点、小穿刺针进人颧部软组织深层直至眼眶下缘。先用多隧道、多点、小体积的注射方法将颗粒脂肪均匀地注射到颧内侧所标记范围的深部，然后再将穿刺针刺向稍浅层，用同样的方法进行注射。通常颗粒脂肪的注射量为3～5ml，使颧内侧区域适度过丰满即可。注射完毕后对注射部位进行适度的挤压按摩，使颧部脂肪分布均匀、平整（图10-11）。



A



B

图10-11 颧内侧颗粒脂肪注射前后

A. 36岁女性，手术前面部消瘦，颧内侧明显低平，伴有上睑凹陷，给人以衰老和憔悴的感觉 B. 颧内侧颗粒脂肪注射术后1年，颧内侧仍保持丰满。患者同时接受了上睑和面颊部的脂肪注射，使面部整体有很大改观，显得年轻有活力

（三）常见并发症及其预防

1 不对称　不对称常因注射的颗粒脂肪数量不当或两侧的脂肪存活率因种种原因（例如产生血肿、感染等）不一致所致。此外，绝大多数患者都存在一定程度的颧部不对称，手术前有必要和患者进行详细沟通，让患者对面部不对称的情况有清楚的认知，以免发生不必要的误会。

2 眶下神经受损　穿刺时损伤了眶下孔神经，导致局部麻木等不适。这种损伤大多是神经碰伤，而不是神经断裂，因此症状大多是暂时性的，数月后会自行恢复。

六、颊部颗粒脂肪注射移植

由于每个人面颊部的胖瘦、发育状况或凹凸点的不相同，面颊部颗粒脂肪注射的范围和数量也不能一概而论。由于面部不对称的现象普遍存在，若手术前缺乏与患者的认真沟通，会使患者对术后效果的满意度明显下降，即使注射成功也可能导致患者不满意。因此，在手术前应仔细观察患者的面部不对称的状况，并与患者进行详细沟通，让患者对自己的面部不对称有正确和充分的认知。良好的术前沟通乃是手术成功的必要前提，可以免除患者在术后对面部不对称所产生的不必要的纠葛。

（一）移植指征

面颊部消瘦、中老年面颊部凹陷、颊脂垫切除术后颊部凹陷、颧骨稍突出等，可用颊部颗粒脂

肪注射予以矫正。

（二）手术方法

在颗粒脂肪注射之前应根据患者两侧面颊部的不同特点标记出需要注射的范围，必要时用等高线标记出需重点注射的区域。一般而言，颊部颗粒脂肪的充填范围主要在鼻唇沟外侧、颧骨和颧弓下方以及下颌缘上方1～2cm的类三角形区域内。除非下颌角非常狭窄或消瘦，一般注射范围不包括下颌角的咬肌区域。颊部颗粒脂肪注射的穿刺点可以选择在下颌缘、鬓角或耳垂后等较隐蔽的部位；若同时进行颧内侧颗粒脂肪注射，穿刺点也可以选择在鼻唇沟附近，以便可以兼顾两部位的注射。注射的层次应是SMAS浅层和深层，甚至可以深达面部肌肉。先用12号注射针将穿刺点作一小孔，使用直径1.5mm钝性脂肪注射针即可通过该孔穿入皮肤，进入皮肤后，穿刺针注射时应注意分区注射，按多点、少量、均匀注射的原则，不可在一个部位注射大量颗粒脂肪，以免颗粒脂肪堆积成团最终成为皮下结节。颗粒脂肪注射完毕后必须仔细观察面部的形态，注意面部的对称性和平整度，必要时适量补充注射或抽出，对注射过的部位要进行手法挤压整理，使其达到平整（图10-12、图10-13）。

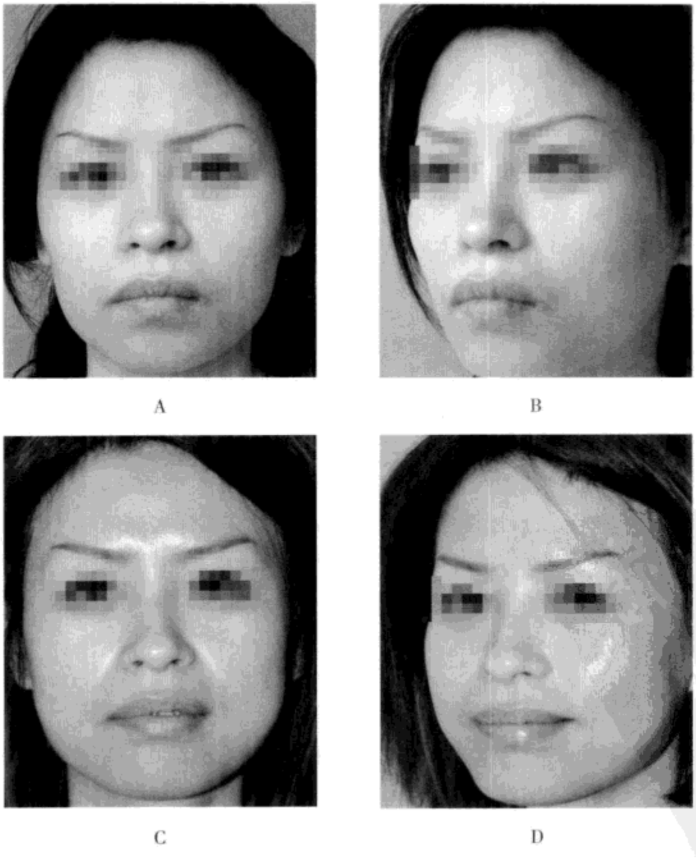
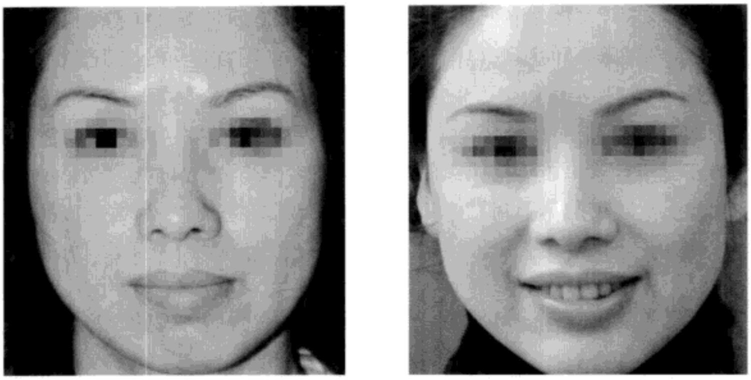


图10-12　面颊部颗粒脂肪注射前后（一）

A. 24岁女性，术前正面观面部消瘦，颞部轻度凹陷，伴颏部后缩　B. 术前3/4侧面观，面部消瘦，颊部曲线向内凹陷，轮廓硬朗不柔和，形象委靡，颏部后缩明显　C. 颊部和颞部两次颗粒脂肪注射后8个月，颊部和颞部均较以前丰满，面部正位轮廓呈卵圆形，形态柔和　D. 术后3/4侧面观，颊部曲线向外突出，较手术前丰满，加上隆颏术后颏部前翘，面部轮廓圆润丰满而不失优美



A　　　　　　　　　　B

图 10-13　面颊部颗粒脂肪注射前后(二)

A. 35 岁女性,术前颊部消瘦,颞部轻度凹陷,颧部低平伴颏部后缩,面部轮廓偏硬,形象憔悴　B. 颊部、颞部和颧内侧脂肪注射加隆颏术后 9 个月,面部曲线圆润而柔和,面部轮廓呈卵圆形,形象优美

(三) 常见并发症及其预防

1 局部皮下脂肪结节　产生皮下脂肪结节的原因是颗粒脂肪在局部堆积成团,从而形成皮下脂肪结节。均匀注射是避免形成皮下脂肪结节的关键。

2 不对称　注射的位置不准确、注射量不同、颗粒脂肪浓度的差异和颗粒脂肪在两颊部位分布不同都可以造成颊部不对称。注射结束前的坐位检查和适度补充注射或抽出部分注射过多的颗粒脂肪是有效避免明显不对称的方法,手法按压和塑形也是减少不对称性的方法。此外,应仔细观察患者面部的情况,对其本身的不对称性要做到心中有数,并在手术前与患者进行详细沟通。

七、面部外伤性酒窝的颗粒脂肪注射移植

面部外伤性酒窝在临床上比较常见,大多由于钝器伤导致面部深部组织损伤和淤血,而皮肤表面完好。损伤所造成深部组织血肿、机化,最终成为皮下的瘢痕组织。这种瘢痕组织若连接深层的肌肉和浅层的真皮,在肌肉收缩时就会牵动被瘢痕连接的皮肤,出现酒窝样的面部局部凹陷。

(一) 移植指征

面部非开放性外伤或血肿后皮下瘢痕粘连性酒窝症、人工酒窝整形术后的酒窝、面部外伤瘢痕粘连性凹陷等,均可用颗粒脂肪注射予以矫正。

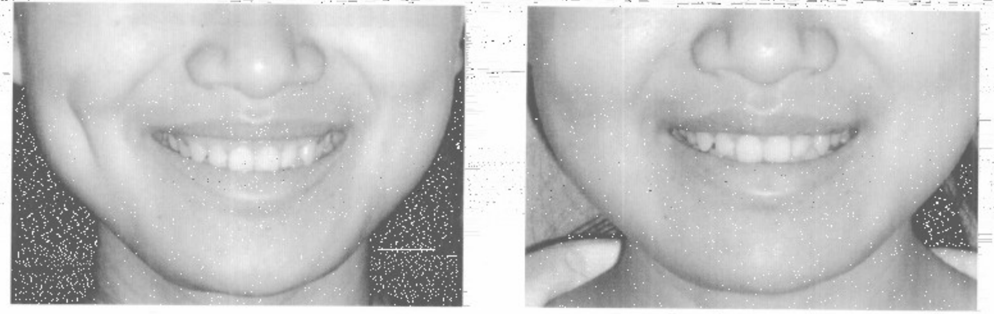
(二) 手术方法

面部钝器伤后,虽皮肤未见破损和瘢痕,但由于皮下深层组织的损伤和血肿等因素,仍可在皮下产生瘢痕组织。这种皮下瘢痕如果同时与皮肤和深层的肌肉粘连,在肌肉收缩时就会牵拉皮肤而造成酒窝样凹陷。对外伤后酒窝的手术原则是将皮下粘连的瘢痕与皮肤完全分离,并将颗粒脂肪注射到因瘢痕分离而造成的间隙中,使皮肤和深层的肌肉被注射移植的颗粒脂肪所隔离,不再有皮肤和肌肉间的粘连。

由于局部麻醉可能对面部肌肉的收缩产生影响,从而影响手术时的判断,因此建议选用静脉基础麻醉。

根据酒窝的部位选择在下颌缘、鬓角或耳垂后等较隐蔽的部位作为穿刺点。在对皮下瘢痕进行分离时,可嘱患者收缩面部肌肉,以便使酒窝更加明显,然后用前端有铲刀的皮下瘢痕分离器将

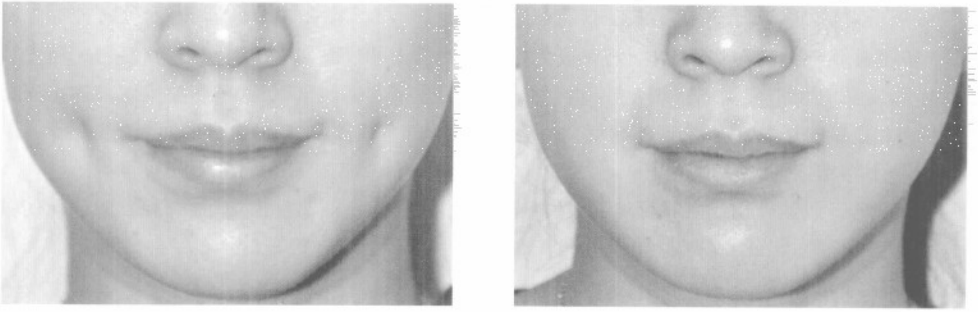
皮下瘢痕切断。手术时应反复嘱患者收缩面部肌肉，以判断皮肤与瘢痕粘连的位置。对皮下的瘢痕粘连彻底分离，使面部凹陷不再出现，以彻底消除酒窝。注射颗粒脂肪时应注意将颗粒脂肪注射到已分离的腔隙之中。颗粒脂肪注射量可根据瘢痕粘连的面积而定，对于粘连严重的部位要适当多注入颗粒脂肪，以免因注射量过少而不能达到隔离皮肤和面部肌肉的效果。需要注意的是，如果注射较多的局部麻醉药可能会造成深层肌肉的麻痹，而肌肉收缩力的减弱会影响对瘢痕粘连的准确判断，最终可能影响手术效果，因此对粘连部位使用局部麻醉药时应注射在瘢痕的浅层，且剂量尽可能小，在可能影响肌力的部位甚至可不注射局部麻醉药。瘢痕的分离层次主要在皮肤与瘢痕浅层之间（图 10-14、图 10-15）。



A B

图 10-14 颗粒脂肪注射疗外伤性酒窝

A. 27 岁女性，11 年前右面部钝器伤导致血肿，痊愈后局部遗留一条斜形凹陷，在展现笑容时凹陷更明显，而皮肤表面并无瘢痕存留 B. 用皮下瘢痕分离器将面部皮下瘢痕分离后即刻进行颗粒脂肪注射，让注入的颗粒脂肪充填在被分离的皮肤和面部肌肉之间。手术后 1 周，患者再次展现笑容时原有的凹陷已不复存在



A B

图 10-15 颗粒脂肪注射治疗人工酒窝

A. 29 岁女性，接受两侧颊部的酒窝成形术后，无论笑还是不笑，颊部都会出现酒窝，且形态极不自然 B. 用皮下瘢痕分离器将两侧面部酒窝下瘢痕分离后即刻进行颗粒脂肪注射充填，让注入的颗粒脂肪填在被分离的皮肤和面部肌肉之间。手术后 1 个月，患者面部已经看不到人工酒窝的痕迹

（三）常见并发症及其预防

1 局部臃肿 颗粒脂肪注射过多，可以造成局部臃肿。

2 注射后瘢痕性粘连仍然存在 颗粒脂肪注射不足、瘢痕分离不彻底是手术不成功的两大

主要原因。其中瘢痕分离不足的常见原因是瘢痕区注射了过多的局麻药，使面部肌肉的运动能力减弱，在嘱患者收缩面肌时，原面部粘连的酒窝可以不显，造成了瘢痕已彻底分离的假象，一旦麻药作用消失，面部肌力恢复后，就会再次出现酒窝现象。减少局麻药物对面部肌肉的影响十分重要。

八、鼻唇沟、鼻基底部颗粒脂肪注射移植

和面部不对称的普遍性一样，正常人群中鼻唇沟不对称的现象也十分常见，但普通人对自己鼻唇沟不对称的认知程度并不高，因此手术前与患者进行详细的沟通十分必要。鼻基底部凹陷者十分常见，由于鼻基底部凹陷，面部看起来立体感不强，并给人以形象不佳的感觉；而鼻唇沟深陷则是老年人的面部特点之一。

（一）移植指征

鼻基底部凹陷和鼻唇沟过深时，可进行鼻唇沟、鼻基底部颗粒脂肪移植。

（二）手术方法

1 鼻基底部凹陷的颗粒脂肪注射　用12号注射针在两侧口角分别作一穿刺点，将2ml注射器连接直径1.5mm钝性脂肪注射针从穿刺点进针对鼻基底部进行颗粒脂肪注射，注射范围以两侧鼻翼为主，可包括全部鼻基底部。在注射充填鼻基底部时应注意穿刺的深度，以免穿刺针从鼻腔内穿出。为了使注射的脂肪能尽可能多地进入凹陷的鼻基底部，穿刺针头进入鼻基底部后可由助手用手指适度压住距注射针头近端约1cm处的皮肤，再注射颗粒脂肪，以防注入的颗粒脂肪因鼻基底部张力较大而向外挤出。脂肪注射量为2～4ml。注射后整个鼻基底部会向前略凸出，使鼻基底部凹陷的面容改观，鼻尖也会显得有所前凸。若梨状孔周围均呈凹陷状态，脂肪注射的范围可扩大到梨状孔附近，并适当增加颗粒脂肪的注入量。

2 鼻唇沟凹陷的颗粒脂肪注射　站立位标记鼻唇沟凹陷部位需充填的范围，可包括鼻基翼沟和鼻基底部。鼻唇沟的注射可以选择半卧位或卧位。穿刺点可选择在鼻唇沟延长线与口角的连线或下颌缘处。在穿刺点注射少量局部麻醉药后用12号针头作一小穿刺口，用5ml注射器连接直径1.5mm钝头脂肪注射针进行颗粒脂肪注射。将脂肪注射针从穿刺口穿入，沿鼻唇沟内缘穿行至鼻唇沟顶端，边注射颗粒脂肪边逐渐退针。可以对鼻唇沟的浅层和深层都进行注射，以便使注入的颗粒脂肪尽可能地分散分布，从而提高注入脂肪的存活率。总注射量为3～5ml。在注射充填鼻基底部时应注意穿刺的深度，以免穿刺针从鼻腔内穿出。脂肪注射结束后，应审视被注射的部位，对不平整的部位可以通过适当按压推挤等方法使之平整，对注射量不足的部位应补充注射。

（三）常见并发症及其预防

1 脂肪注射部位不准确　注射时若将脂肪注射到鼻唇沟外侧，可以使鼻唇沟外侧增厚，从而使鼻唇沟看起来更深。

2 不对称　两侧颗粒脂肪的数量、浓度和脂肪吸收程度的不同是造成不对称得主要原因。此外，鼻唇沟不对称在正常人群中也是普遍存在的，所以手术前应与患者进行必要的沟通，让患者对自己的鼻唇沟状况有正确的认知。

九、面部轮廓骨骼整形后颗粒脂肪注射移植

面部轮廓骨骼整形手术后可能会遗留面部局部凹陷或不平的后遗症。产生的原因有：①下颌角截骨过多或截骨不对称形成的局部凹陷或不对称；②咬肌切除过多或切除不对称导致的局部凹陷或不对称；③颧骨截骨后局部不平或拼合不佳和软组织移位等。

（一）移植指征

颧骨截骨后面部局部凹陷、下颌角截骨后局部凹陷和不对称、咬肌切除过多或局部切除过多形成的局部凹陷等，可用颗粒脂肪注射移植进行修正。

（二）手术方法

站立位标记局部凹陷的范围。颧骨凹陷患者的脂肪注射穿刺点可选择在鬓角、口角、鼻翼沟等隐蔽部位，下颌角凹陷患者的脂肪注射穿刺点可选择在耳垂后。对凹陷部位可以分深浅两层分别注射，注射量应依据凹陷的程度而定，每次注射到稍超量隆起即可（图10-16）。



A　　　　　　　　　　　　　　B

图10-16　面部轮廓截骨整形手术后局部凹陷的颗粒脂肪注射前后

A. 下颌角截骨手术后下颌角截除过多，出现下颌角凹陷畸形，下颌曲线变形　B. 下颌角颗粒脂肪注射后3个月，下颌角比以前稍饱满，下颌曲线已接近正常

十、臀部颗粒脂肪注射移植（颗粒脂肪注射隆臀术）

厚实的臀部肌肉和大量的脂肪是臀部丰满的重要条件，尤其是后者，是保持臀部形态圆润的必要条件。对于全臀部窄小者的丰臀手术所需要的脂肪量是十分可观的，而此类患者大多较消瘦，在身体的其他部位很难找到足够量的供体脂肪作为颗粒脂肪移植的来源。因此除非患者身体的其他部位有大量的脂肪堆积，臀部颗粒脂肪注射移植主要用来改善臀部局部凹陷、臀部不对称等缺陷。最常见的臀部局部凹陷大多位于臀部的中部和上部，即位于臀大肌的上部以及臀大肌与阔筋膜的交界处。这两个部位的凹陷常常使患者的臀部看起来下垂和低平，或者不呈圆翘状而是呈臀上凹陷的不丰满状，明显影响臀部的美观。

（一）移植指征

臀部局部凹陷、臀部不对称、臀部不丰满等，均可用颗粒脂肪注射移植加以矫正。

（二）手术方法

因为在站立位和俯卧位时臀部的外形会有很大的差异，尤其是原本凹陷的臀中部会因卧位时的体位变化而显得丰满，所以手术前务必在站立位标记出颗粒脂肪注射的部位，并用等高线重点标记出不同部位的注射量，以避免因俯卧位导致臀部外形变化而造成注射部位和注射量的失误。

由于臀部组织肥厚，可将颗粒脂肪分别注射到深浅各层，以便尽可能地使颗粒脂肪分散在组织中，有利于颗粒脂肪的成活。注射时也应遵循"多点、多层、多次、每点少量"的原则，尽量避免在一处大量注射颗粒脂肪而造成堆积成团，最终形成脂肪结节或内层为坏死脂肪组织的结节。脂肪的注射量应根据凹陷的程度而定。由于臀部凹陷常常范围甚大，因此颗粒脂肪的注射量往往较大，

一次注射可以每侧达 200ml 左右。对于一侧臀部体积正常，而另一侧臀部体积过小的患者，可以从机体的其他部位（如大腿、髋部、腹部和腰部等）抽取脂肪以充填体积过小的臀部；而对于一侧臀部体积过大，而另一侧臀部体积过小的患者，可采取对体积较大的一侧臀部进行适度抽脂、对体积较小的一侧臀部进行颗粒脂肪填充，以改善臀部的不对称性。

（三）常见并发症及其预防

1 脂肪结节　注射的颗粒脂肪在局部堆积成团，故而形成皮下脂肪结节。臀部面积较大，一次注射颗粒脂肪的数量也相对较大，注射时若未能注意分区，很容易重复注射，导致局部脂肪团堆积。因此分区、均匀、少量注射是预防皮下脂肪结节的关键。

2 脂肪液化　大量的颗粒脂肪注入后（尤其是颗粒脂肪在一处大量堆积时），若不能及时得到营养，将导致颗粒脂肪坏死并最终液化。因此要避免脂肪液化，就应减少颗粒脂肪的注射量，避免脂肪成团堆积。

十一、阴阜及大阴唇颗粒脂肪注射移植

未育年轻女性的阴阜和大阴唇皮下有较多的脂肪，相对比较丰满和紧张，两片大阴唇呈闭合状。当生育之后大阴唇会稍松弛，呈微开状态。随着年龄的增长，除非因发胖而脂肪增加使大阴唇和阴阜还能保持较丰满的外观，若体重没有增加，会阴部的松弛程度会加重，就会对会阴部的外观产生一定的负面的影响。到绝经期后，若仍保持原有的体重，则大阴唇和阴阜萎缩明显，甚至呈枯瘦状态。因此保持阴阜和大阴唇有一定的丰满度对保持会阴部年轻化外观是十分重要的。

（一）移植指征

阴阜与大阴唇不丰满，可通过颗粒脂肪注射移植改观。

（二）手术方法

截石位对会阴部进行标记，标记的范围包括全部阴阜，上达耻骨上缘或阴毛的水平上缘，两侧到腹股沟起点，下方与大阴唇相延续，包括两侧大阴唇全部直至阴唇下联合的外侧。

注射时可用 5ml 或 10ml 注射器装载颗粒脂肪，安装直径 1.5mm 钝性脂肪注射针从腹股沟两侧进针，先横行对阴阜进行多层次、多隧道、多点的普遍注射，每点的脂肪体积不宜过大（0.2～0.3ml）；然后将穿刺针向下，用同样的方法对大阴唇进行多层次、多隧道和多点的注射，并避免使注射的颗粒脂肪聚集成团。大阴唇后联合部不必注射。会阴部的脂肪注射量约 50ml，其中近半数注射到阴阜。注射时务必注意大阴唇的对称性，并注意阴阜部和大阴唇的自然延续，避免上大下小或上小下大的感觉和间断的感觉。

（三）常见并发症及其预防

1 不对称　由于两侧大阴唇的颗粒脂肪注射量不一致、不均匀所致。

2 脂肪结节　未能很好地分散注射颗粒脂肪，可使颗粒脂肪在局部堆积而形成脂肪结节。

十二、手背部颗粒脂肪注射移植

虽然纤细而长的手背和手指是美手的条件之一，但手背上适度的脂肪量是维持手背美感的重要因素。骨瘦如柴的双手会给人以营养不良甚至鸡爪的感觉，因此可以通过适度的颗粒脂肪注射以改善手背皮下脂肪过少、手背肌腱和静脉血管痕迹过明显、手指关节粗大使手指间缝隙过大等手背不良外观。

（一）移植指征

先天性手背脂肪缺乏、手指和手背骨关节稍显粗大伴手背脂肪缺乏、中老年手背皮肤松弛伴

PDG

脂肪缺乏等，均可通过颗粒脂肪注射移植改善。

（二）手术方法

先用亚甲蓝对手背、手指脂肪过少的部位进行标记，明确脂肪注射的范围。注射的部位可以包括手背、手指两侧和指背。使用直径1.5mm的钝性注射针对所标记的注射区域进行点、片状颗粒脂肪注射，要尽可能使脂肪分布均匀，可边注射，边退针，边按摩，切不可使注入的脂肪堆积成团。注射的脂肪量宜少不宜多，只需要有薄层的颗粒脂肪覆盖即可，以免因脂肪注射过多而取出困难。在注射全部结束前应通过对手背的抚摸仔细检查注射部位的均匀程度，对脂肪注射过少的部位要补充注射，对脂肪堆积的部位要适度按压和推挤，使局部平复。通常每手指需要注射脂肪2～3ml，手背需要注射脂肪10～20ml。

（三）常见并发症及其预防

1 脂肪结节　脂肪注射不均匀，导致脂肪在局部堆积，形成脂肪结节。均匀注射颗粒脂肪，避免注入的脂肪堆积成团是避免脂肪结节形成的关键。

2 不对称　注射的位置不准确、注射的数量不同、颗粒脂肪浓度的差异都可以造成手背的不对称。

十三、脂肪抽吸术后局部不平整的颗粒脂肪注射移植

（一）移植指征

局部不平整是脂肪抽吸术后的常见并发症，对过度凹陷的部位进行脂肪充填，有利于改善不平整的状况。

（二）手术方法

对于脂肪抽吸术后的修整应在手术部位消肿和皮下的瘢痕软化后进行，时间在抽脂手术后6～12个月。手术前患者取站立位，在自然光下标记手术部位的凹凸范围，必要时可嘱患者变换体位，在不同方向光线的照射下使不平整的部位更加清晰。穿刺点可根据邻近凹陷的部位和尽可能隐蔽的原则自行选择。对皮下脂肪存留较多而局部隆起的部位可以再次进行小范围的抽吸，对较明显的凹陷部位则可进行颗粒脂肪注射充填，以减少与周围组织丰满度的差别。在邻近部位分别进行脂肪抽吸和充填时很容易使注入的颗粒脂肪误入脂肪抽吸的部位，因此应酌情避免在邻近部位同时进行脂肪抽吸和脂肪注射。对皮下瘢痕粘连严重的部位可在局部麻醉下用皮下瘢痕分离器予以剥离后再进行颗粒脂肪注射。脂肪的注射量视凹陷的程度而定，可适当超量30%～50%，不必过度大量注射，以免日后反而显得凸起，或者颗粒脂肪过度堆积而导致脂肪成活率下降。完成颗粒脂肪注射后应适当按压注射部位，使注入的脂肪均匀平整。再次注射的时机应在3个月之后（图10-17）。

（三）常见并发症及其预防

1 局部隆起　手术中急于求成，过多地注射颗粒脂肪可造成局部隆起，因此手术中要坚持宁少勿多的原则。

2 凹陷处隆起不足　由注射量太少或注射部位下有瘢痕粘连所致。过度抽吸的凹陷常伴有局部皮下瘢痕的粘连，如果严重的皮下粘连不解除，注射进入的脂肪有时仍旧不能将凹陷的皮肤表面撑起。所以，对这类患者只需用小号皮下瘢痕分离器将粘连在皮肤上的瘢痕分离后再注射自体颗粒脂肪即可。



A



B

图 10-17 颗粒脂肪注射治疗面颊部脂肪抽吸后畸形

A. 因追求窄脸而接受面部脂肪抽吸后颊部严重消瘦，皮肤松弛，局部不平整，视觉上显得憔悴和衰老；B. 颊部颗粒脂肪注射修复颊部后 5 个月，面部不平整有所改善，过度消瘦的面容得到恢复

十四、乳房颗粒脂肪注射移植（颗粒脂肪注射隆乳术）

颗粒脂肪注射隆乳因其容易形成不易和肿瘤区别的结节的并发症，而且这种并发症难以处理而饱受争议。为了避免出现注射的颗粒脂肪堆积成团，颗粒脂肪注射隆乳术也应遵循多层次、多隧道、多点和每点少量的注射原则。因脂肪注射后有形成结节的巨大潜在风险，注射量较大时要想避免颗粒脂肪聚集成团的现象几乎不可能，所以每次每侧乳房的颗粒脂肪注射量不宜超过 80ml，即使这样也难以避免脂肪结节的产生。有大量的证据表明，这种盲态的一次性大量和多次的颗粒脂肪注射很容易造成脂肪团块堆积，即使经验丰富的医师遵循多层次、多隧道、多点和每点少量的注射原则也难以确保注入的脂肪会均匀地分散在乳房组织内。即使少量注入的颗粒脂肪也可能因注射时的隧道相通或注射点的不准确而相聚成团，导致团块中央坏死、液化、纤维囊变和钙化，最终形成结节。虽然可触到的结节可以通过手术摘除，但是要想去除所有的结节是十分困难的。注射隆乳后即使在体检中触诊未查出乳房结节，在日后的体检时也有可能在放射扫描等检查中被查出令人生疑的结果，因此不提倡进行颗粒脂肪注射隆乳术。

十五、半侧颜面萎缩颗粒脂肪注射移植

（一）移植指征

半侧颜面萎缩，可用颗粒脂肪注射移植矫正。

（二）手术方法

站立位标记出面部萎缩的注射范围。因脂肪注射范围较大，注射时疼痛明显，手术宜在静脉麻醉或全身麻醉下进行。注射部位的局部麻醉会妨碍对脂肪注入量的判断，所以大多仅在穿刺点进行局部麻醉。用 10ml 注射器连接直径 1.5mm 钝性脂肪注射针进行颗粒脂肪注射。因半侧颜面萎缩患者的整个半侧面部几乎都需要进行治疗填充，所以穿刺点尽量不要选择在可能注射颗粒脂肪的部位，可选择在颞部发际内、耳后、鼻翼旁、下颌缘等旁开面部充填部位的隐蔽地点。

注射时可由远到近分区进行。注射方法因面部组织的萎缩情况而定，面部萎缩严重的患者大多无法进行多层次注射，但也应遵循多隧道、多点、小体积注射的原则。注射时皮肤表面是容易被关注的，所以很少发生穿破的情况。但由于组织菲薄，穿刺时若只关注皮肤表面而忽视了对口腔黏膜面的保护，则穿刺针极易穿破口腔黏膜。此外，注射过深时，注入的颗粒脂肪有时不是向面部表

面隆起,反而凸向口腔的黏膜面,造成咀嚼时突起的口腔黏膜容易被咬破,因此颊部注射时也要时刻关注注射的层次和口腔黏膜面的形态变化。半侧颜面萎缩患者的额、颞部因组织相对疏松,脂肪注射时常比较顺利,但颊部,尤其是颧骨下方常常有纤维瘢痕样粘连,组织非常致密,与皮肤表面紧贴,因而脂肪注射时会比较困难,必要时可用前端有铲刀的皮下瘢痕分离器先将致密的粘连分离,以便容易容纳注入的颗粒脂肪。

由于半侧颜面萎缩病情发展的不同,脂肪的注入量也因人而异,一次注入量可达 50~60ml。严重者还要多次反复注射,这一点须在手术前和患者及其家属说明,以便取得患者的良好配合,使手术得以顺利进行。经过多次的颗粒脂肪注射,严重萎缩的面部可以逐渐丰满起来。

(三)常见并发症及其预防

1 感染 脂肪注射针穿破口腔黏膜是导致感染的重要原因之一。因此在注射前应嘱患者做好口腔清洁护理,必要时对口腔黏膜进行消毒。手术中密切关注穿刺的深度和口腔黏膜面的情况,防止穿破。万一在手术中穿破口腔黏膜,应注意对破口进行缝合,并在手术后用杀菌液漱口,并保持口腔的清洁。

2 不均匀 除了技术原因之外,萎缩的面颊常有局部区域的致密粘连,即使用力推注,颗粒脂肪常挤向旁边较为疏松的部位,造成颗粒脂肪不易分布均匀。因此手术中若遇到致密的部位时,不必强行推注颗粒脂肪,可先用皮下瘢痕分离器将严重粘连的组织进行分离,然后再注入自体颗粒脂肪,使注入的脂肪较为均匀。

第四节 颗粒脂肪注射移植的常见并发症

一、不对称

对于双侧部位注射充填的患者,不对称是最常见的并发症。导致不对称的原因有:①标记不清楚、不细致,导致注射时把握不准;②两侧的注射量不等,或两侧的颗粒脂肪体积相同但浓稠度不同,或两侧注射脂肪的层次深浅有差异等;③两侧脂肪的存活率不同;④技术不熟练,注射时把握不准确。

二、不均匀和不平整

对较薄的部位进行皮下颗粒脂肪充填时容易产生不均匀和不平整,其原因有:①注射不均匀;②注射后没有进行必要的推挤、按压等手法抚平整理;③忽视颗粒脂肪注射结束前对受区的检查,因此没有对注射不足或注射过多的部位进行必要的补充或抽出。

三、矫正不足或过量

由于颗粒脂肪的存活率无法准确判断,所以精确把握颗粒脂肪的注射量是难以做到的,因此矫正不足是常见的,也是可以理解的。对此在手术前应对患者详细告知,做好多次注射的思想准备。通常采取过度矫正 30%的办法。但由于所注射的颗粒脂肪的活性不同、受区营养状况的不同、手术后后续治疗和护理等因素,颗粒脂肪的存活率可以有很大的差别。因颗粒脂肪的存活率有限,许多患者需要两次以上的注射,宁可注射不足而下次补充注射,而不可过度超量注射。因为急于求

成式的严重超量注射只会造成适得其反的结果。矫正过度则是因为注射前估计的注射量和存活率和实际情况有差异，导致局部臃肿，必要时可采取适当抽出少量脂肪进行修整。

四、充填部位不准确

导致颗粒脂肪充填部位不准确的原因是多方面的：①注射前没有标记，注射时仅凭感觉和经验，盲目注射。②注射前没有仔细审视注射部位的状况，对特定部位的脂肪充填不是根据患者的特点进行标记，而是采取千篇一律的方法，或审视不仔细，容易导致注射部位不符合患者状况。对于注射部位的标记应准确，以确保不会因标记错误而发生注射位置错误。此外，在错误体位进行标记也是发生注射位置不准确的重要原因，例如臀部应该在站立位进行标记，因卧位时臀部的形态和站立位有很大的不同，若在卧位标记必然发生标记错误，并导致脂肪注射位置的错误。③由于软组织质地松软，脂肪注射针在进入软组织后有相当大的可移动性，脂肪注射针在一定距离移动的情况下，针头的实际位置也可能并没有发生变化，因此准确定位有一定的难度。如果经验不足，注射针穿刺进入注射部位后可能发生不能精确把握注射点位置的窘境。

五、脂肪结节

产生脂肪结节的原因也是多方面的：①注射时没有遵照多平面、多隧道、多点和小体积的原则，使大量的颗粒脂肪在局部堆积成团，造成脂肪团中央部分得不到足够的营养而坏死、液化，被纤维组织包裹，外围的颗粒脂肪由于得到较充分的营养而获得存活，因此形成脂肪结节；②一次性过多超量注射容易在受区局部产生脂肪堆积，从而形成脂肪团结节；③注射结束前没有认真检查受区的状况，没能及时发现注入的脂肪堆积成团的现象，因此也没有及时采取按压、推挤或抽出等方法进行修整。

六、脂肪液化

脂肪液化是注入的颗粒脂肪坏死所致。究其原因有多种：①颗粒脂肪因损伤严重、处理不当而活性不高；②受区手术后活动过度；③以前注射过其他人工材料（如聚丙烯酰胺水凝胶等），使受区不能为注入的颗粒脂肪提供良好的血供营养；④一次性颗粒脂肪注射过量，使大量的颗粒脂肪无法得到足够的营养；⑤没有将颗粒脂肪尽可能在受区分散注入，颗粒脂肪堆积成团，脂肪团中央得不到营养而液化坏死。

七、出血和血肿

颗粒脂肪注射移植后发生出血和血肿的原因包括：①血液病患者或口服抗凝剂的患者，由于手术前没有进行良好的沟通，在医师不知情的情况下进行手术；②误伤皮下小血管；③手术粗暴、手法不当、层次不准确导致组织损伤较大；④错误使用锐性注射针作为抽取脂肪和注射脂肪时的工具，致使血管破裂而出血；⑤受区未加压包扎或包扎不当。

八、感染

感染最常发生在手术后的5～7天，常见的症状是手术部位的红、肿、热、痛。感染的发生和以下因素有关：①手术中消毒不严格；②操作中脂肪或器械被污染；③抽脂或注射过程中有污染，手术室洁净程度不够，脂肪制备过程无菌技术不够严格，颗粒脂肪长时间暴露在空气中被含有细菌

的微粒所污染；④手术部位或附近部位存在感染源，或患者原有慢性感染；⑤手术后护理不当，造成手术部位被污染。因此，严格遵守无菌技术、把握手术中的每一个环节、严格的围手术期监测和护理是避免术后感染的关键。

九、手术部位畸形、色素沉着、慢性疼痛或麻木

手术后供区的暂时性麻木是由于在抽脂中损伤局部皮肤感觉神经所致，在3~6个月后就能自然恢复，不必治疗；供区和受区的进针口可以有短时间的色素沉着和瘢痕增生，大多在术后半年左右就能恢复，一般不需要处理。

脂肪抽取时部位过度集中在供区的小片范围，且抽吸层次过浅可造成供区局部明显凹陷和色素沉着，严重者还可能伴有较长时间的慢性疼痛，因此在获取颗粒脂肪时尽可能在较大范围呈扇形抽取，层次适中，不要在皮下浅层过度抽吸。

十、血管栓塞

颗粒脂肪注射移植后发生血管栓塞较为罕见，主要原因包括：①错误地使用锐性注射针进行脂肪注射，刺破穿刺部位的血管，可造成脂肪微粒进入小血管，从而堵塞重要血管，出现严重的甚至危及患者生命的问题。②患者血黏度高，血管硬化，原有陈旧性血栓，加上手术后长期卧床不动使血栓加重；或手术后长期卧床，下肢血流缓慢造成血管栓塞。血栓还可能脱落，堵塞重要血管，造成严重的甚至危及患者生命的问题。③其他不明原因的血管栓塞。

（孙宝珊）

参考文献

[1] Nguyen A, Pasyk K A, Bouvier T N. Comparative study of survival of autologous adipose tissue taken and transplanted by different techniques[J]. Plast Reconstr Surg, 1990, 85(3):378-386.

[2] Chajchir A, Benzaquen I. Liposuction fat grafts in face wrinkles and hemifacial atrophy[J]. Aesthetic Plast Surg, 1986, 10(2):115-117.

[3] Ellenbogen R. Free autogenous pearl fat grafts in the face-a preliminary report of a rediscovered technique[J]. Ann Plast Surg, 1986, 16(3): 179-194.

[4] Bircoll M. Cosmetic breast augmentation utilizing autologous fat and liposuction techniques[J]. Plast Reconstr Surg, 1987, 79(2): 267-271.

[5] Latoni J D, Marshall D M, Wolfe S A, et al. Overgrowth of fat autotransplanted for correction of localized steroid-induced atrophy [J]. Plast Reconstr Surg, 2000, 106(7): 1566-1569.

[6] Pereira L H, Radwanski H N. Fat grafting of the buttocks and lower limbs[J]. Aesthetic Plast Surg, 1996, 20(5):409-416.

[7] Stampos M, Xepoulias P. Fat transplantation for soft tissue augmentation in the lower limbs[J]. Aesthetic Plast Surg, 2001, 25(4):256-261.

[8] 马丽梅，刘毅，张晓萍，等. 自体颗粒脂肪移植隆乳术技巧总结[J]. 中国美容医学，2003, 12(1):57-58.

[9] 刘萍，刘毅，张晓萍，等. 自体颗粒脂肪移植570例临床总结[J]. 中国美容医学，

2007;16(4):461-463.

[10] 李青峰.自体脂肪颗粒移植临床应用回顾与分析[J].中国美容医学,2005,14(1):17-18.

[11] 张晓萍,刘毅,马丽梅.臀股部吸脂塑形术体会[J].中国美容医学,2003,12(6):596-597.

[12] 刘毅,张晓萍,马丽梅.注射器法腹部脂肪抽吸塑形术的手术效果评价[J].西北国防医学杂志,2004,25(3):187-188.

[13] 王启华,孙博.临床解剖学丛书:四肢分册[M].北京:人民卫生出版社,1991.

[14] 张兰萍,张晓萍,马丽梅,等.颗粒脂肪移植术46例临床总结[J].中国美容医学,2000,9(6):443-444.

[15] 刘毅.脂肪移植的基础与临床[M].北京:军事医学科学出版社,2009.

第十一章 提高颗粒脂肪移植成活率的研究

第一节 概 述

20世纪80年代，脂肪抽吸技术的发明带来了颗粒脂肪移植技术。吸脂术后的颗粒脂肪，Illouz认为并不是一块完整的组织，而是已经分离的细胞，注射到体内后，能够依靠机体周围组织的渗透和血管新生提供营养而成活。颗粒脂肪移植技术的出现，使大量自体脂肪移植成为可能，给整形外科医师进行软组织充填带来了希望。但是遗憾的是，颗粒脂肪移植后吸收率依旧很高，并发症依旧存在。从那以后，众多整形医师致力于研究如何提高颗粒脂肪移植的成活率。很多在细胞因子治疗、基因治疗及细胞治疗等方面的研究已经深入开展，而且已经取得了丰硕的成果，相信不久的将来，颗粒脂肪移植成活将不再是问题，自体颗粒脂肪将成为理想的软组织充填材料。

一、细胞因子治疗

细胞因子(cytokine)是一类由机体活化的细胞产生、分泌，能调节细胞生长分化的高活性多功能小分子蛋白的统称，主要通过旁分泌、自分泌或内分泌的方式，结合细胞表面相应受体发挥生物学作用。一种细胞因子可以由多种细胞产生，一种细胞也可以产生多种细胞因子，一种细胞因子也可以有多种生物学活性。

细胞因子按照结构和功能可以分为白细胞介素、干扰素、肿瘤坏死因子、集落刺激因子、趋化性细胞因子和生长因子六大类。细胞因子有着丰富的生物学活性，包括抗菌、抗病毒、抗肿瘤、调节免疫反应、刺激造血、促进血管生成等。各种细胞因子对人体生命活动，如免疫调节、伤口愈合、生长调节、炎症反应、红细胞生成过程、胚胎发育与器官发育、神经内分泌过程等具有重要的调节作用。

目前，关于细胞因子在临床的应用很广泛，许多已经批准上市或者完成Ⅲ期临床试验。例如，美国FDA批准上市的重组干扰素α被用来治疗慢性髓性白血病、滤泡性非霍奇金淋巴瘤等，碱性成纤维细胞生长因子(bFGF)被用来治疗创伤与创面修复，重组血管内皮生长因子(VEGF)用于治疗缺血性疾病等。随着现代分离纯化技术的飞速发展，细胞因子研究不断深入，相信会有越来越多的以治疗用重组细胞因子为主的基因工程多肽药物研制成功，进而应用到临床上。

二、基因治疗

基因治疗(gene therapy)是指将目的基因通过相应的载体导入靶细胞或者靶组织，来纠正或补偿因基因缺陷和异常引起的疾病，以达到治疗目的。从广义上来说，基因治疗还包括从DNA水平

采取的治疗某些疾病的措施和新技术。基因治疗有两种途径:体外途径和体内途径。体外途径是指将含有外源基因的载体在体外导入人体自身或者异体细胞(或异种细胞),经体外细胞扩增后输回人体。这种方法易于操作,安全,但是不易规模化。体内途径是指将外源基因装配于特定的真核细胞表达载体,直接导入体内。这种途径可以规模化,但是安全性及有效性都无法保证。

基因治疗的载体主要包括病毒载体和非病毒载体。病毒载体主要利用病毒具有传递基因进入其他细胞进行感染的分子机制,最常见的病毒载体有逆转录病毒、腺病毒、腺相关病毒、慢病毒、单纯疱疹病毒等。非病毒载体的本质是将基因治疗中的基因当做药物,然后从药剂学和药理学角度来考虑如何把基因导入靶细胞或组织、器官并进行表达,最常用的有裸DNA直接注射、脂质体、基因枪、电穿孔、纳米微囊技术等。

自体脂肪移植在美容外科有着广泛的应用前景,但是一直没有解决移植脂肪成活率低的瓶颈问题,而影响其成活的关键因素是要及时重建血供。目前,已经有众多学者尝试用基因治疗的策略,将治疗用的目的基因导入体内,通过基因表达的多种因子来促进移植脂肪成活,包括血管内皮生长因子(VEGF)、肝细胞生长因子(HGF)、碱性成纤维细胞生长因子(bFGF)等,取得了很多的进展。

三、细胞治疗

细胞治疗(cell therapy)的概念有狭义和广义之分。狭义的细胞治疗是指将原代或体外培养的具有正常功能的细胞通过注射方法植入体内,以代偿因病变细胞功能丧失而引起的疾病,或将细胞在体外经过遗传修饰后直接用于治疗疾病,其实质就是活细胞输入的治疗方法。广义的细胞治疗包括应用细胞提取物、细胞因子、活细胞输入方法以及应用细胞支持的组织工程产品的功能临时替代,最终的目的是调整、修复机体细胞或器官的功能。

20世纪二三十年代,瑞士著名的外科教授Niehans进行了大量动物腺体移植到人体的研究,并成功治疗相应器官功能不全的患者。他将从未出生的胎羊器官中获得的细胞提取物注射到人体后没有引起排斥反应,首次将现代细胞治疗技术应用到临床上。70年代,Kment博士经过大量动物实验得出,细胞治疗可以改善认识能力,增加机体组织弹性,并改善组织的内呼吸。到70年代末期,细胞治疗的疗效已经得到充分的证明。

细胞治疗按照治疗的机制和目的可分为细胞功能替代治疗、免疫细胞过继治疗和基因修饰的细胞治疗。细胞治疗发展至今大致可以分为四个阶段:①全血细胞输注疗法;②骨髓和外周血造血干细胞治疗;③造血干细胞治疗;④造血和成体干细胞治疗。细胞治疗是临床上常用的治疗手段之一。在整形美容外科,利用血管内皮祖细胞(endothelial progenitor cells,EPCs)或者自体脂肪源性干细胞(adipose-derived stem cells,ADSCs)、骨髓间充质干细胞(bone mesenchymal stem cells,BMSCs)等促进移植颗粒脂肪成活的应用相当广泛。

第二节 细胞因子与颗粒脂肪移植

一、血管内皮生长因子与颗粒脂肪移植

血管内皮生长因子(vascular endothelial growth factor,VEGF)又称血管通透因子(vascular

permeability factor, VPF)，是一种特异性作用于血管内皮细胞的有丝分裂原，具有多种生物学活性、广泛生理功能的细胞生长因子。VEGF 为分子质量 46kD 的分泌糖蛋白，由两个分子质量均为 21kD 的不同单体组成二聚体，且其 N 端含有 26 个疏水氨基酸构成的信号肽，按氨基酸的长短可将其变异体分别命名为 VEGF206、VEGF189、VEGF165、VEGF121 等。VEGF 通过自分泌或旁分泌的形式与细胞膜上的受体结合而发挥生物学效应。VEGF 具有促进血管内皮细胞增殖和迁移、促进血管形成、延长血管内皮寿命、增强血管通透性和改变细胞外基质等作用，是生理和病理条件下血管生长的重要调节因子，同时还与创面愈合、炎症和肿瘤的发生密切相关。

自体脂肪移植已经有上百年的历史，却一直无法解决移植脂肪吸收率高的问题。移植脂肪吸收率高，主要是因为机体不能及时形成新生血管保障移植脂肪的营养需求，缺血导致部分脂肪出现液化坏死、钙化、吸收等。研究者们很自然地想到，只要能促进移植脂肪血管新生，问题就能迎刃而解了。VEGF 因为有很强的促血管新生作用，所以一直以来都有大量关于 VEGF 与颗粒脂肪移植的研究。

早在 2000 年，国外 Kryger Z.等将 VEGF 用于皮瓣研究，结果使皮瓣的血流量上升，皮瓣的成活时间延长。国内钟晓春等以新西兰兔为模型，在腹股沟处形成脂肪瓣，探讨脂肪瓣延迟术后瓣内脂肪细胞移植成活率和成活时间。结果发现在脂肪瓣形成 12 小时后 VEGF 显著增高($P<0.05$)。移植后 1 个月和 3 个月，实验组移植脂肪血管数显著高于对照组($P<0.01$)，成活率未见差异($P>0.05$)，但成活时间明显延长。瓣内脂肪细胞在移植后 12 个月仍然成活，而对照组 6 个月时已基本吸收。移植后的脂肪组织能否成活，受到局部和全身因素的影响，但早期主要与局部的血液循环能否及时有效地建立有关。可见一定的延迟时间内，脂肪瓣在 VEGF 的刺激下可以形成有效的血管，促进移植脂肪细胞成活。

分泌型可溶性的 VEGF 能直接作用于血管内皮细胞，促进它们的生成和增殖，增加血管的通透性。既然 VEGF 如此有效，自然会有人想到注射 VEGF 来促进移植脂肪成活。彭智等采用微渗透泵恒量灌注 VEGF，研究对大鼠脂肪移植体成活率的影响。实验中将 90 只大鼠随机均分成三组，手术对照组单纯行自体脂肪移植；实验对照组在自体脂肪移植后，用微渗透泵持续恒量灌注 2000μl 生理盐水，泵速为 0.5μl/h，持续 14 天；实验组进行自体脂肪移植，用微渗透泵持续恒量灌注含 1μgVEGF 的生理盐水溶液 2000μl，泵速为 0.5μl/h，持续 14 天。结果显示，移植 14 天后，实验组移植体脂肪组织成活体积高于手术对照组及实验对照组($P<0.05$)，后两组的差别无显著性意义($P>0.05$)，实验组各个时间点移植体血管密度高于其他组($P<0.05$)，手术对照组和实验对照组组间比较无显著差异($P>0.05$)。结果证实，局部应用 VEGF 可以促进脂肪移植体血管形成，通过加快移植体血供的重建，缩短脂肪移植体的缺血缺氧期，从而减轻组织坏死，提高脂肪移植成活率。

有关 VEGF 的最佳剂量范围尚不清楚，各个实验关于脂肪移植的种类、体积、给药方式及实验目的不同，VEGF 的用量波动很大。一般认为在有效剂量以上时，脂肪移植的成活率与 VEGF 存在明显的剂量依赖性关系，VEGF 的有效剂量决定于移植脂肪的组织量。国内外相关文献表明，实验证明在 1ml 脂肪颗粒中应用 1μgVEGF 可以起到加快移植体血供的重建、提高脂肪组织成活率的作用。VEGF 的某些生物学效应可能引起血肿形成、低血压、心率加快、心功能下降等副作用，而局部用药可以减少或避免以上副作用的发生。目前，将 VEGF 局部应用到缺血组织中促进新生血管形成是治疗缺血性疾病（包括脂肪移植）较为常用的方法，但是单纯利用重组 VEGF 存在着半衰期过短、局部因子易被代谢流失而不能在局部形成有效浓度等问题。研究人员尝试使用包括乳化-分散法、明胶缓释微球、渗透泵、纳米微囊等各种缓释技术，来寻找包括 VEGF 的各种细胞因子在脂肪移植中应用的最佳给药途径。相信在不久的将来，缓释技术的突破将给 VEGF 应用到临床带来

PDG

希望。

二、碱性成纤维细胞生长因子与颗粒脂肪移植

成纤维细胞生长因子(fibroblast growth factor,FGF)是一类参与机体细胞生长和分化调节的多肽,由血小板、巨噬细胞、表皮角质形成细胞、成纤维细胞等产生,作用广泛。其中,碱性成纤维细胞生长因子(basic fibroblast growth factor,bFGF)是一种具有广泛生物学活性、促进有丝分裂的小分子多肽生长因子。

bFGF是目前研究和应用较多的一种FGF,因为它具有促进血管形成、改善微循环、促进中枢及外周神经发育、生长及修复创伤的作用,是一种维持神经细胞成活的重要因子。bFGF对创伤修复有关的细胞几乎都有促进增殖和分裂作用,是一种重要的促进创伤愈合的因子,对血管与神经的再生有强大促进作用。在炎症期,bFGF对创伤细胞有明显的趋向活性,可诱导炎性细胞、成纤维细胞、血管内皮细胞等向创伤部位移动。当细胞迁移至损伤部位时,即开始进入细胞增殖与修复期,其关键标志是肉芽组织形成,且肉芽组织中有大量毛细血管和丰富的成纤维细胞。bFGF也是成纤维细胞、血管内皮细胞及血管平滑肌的高效促生长剂,能促进新毛细血管形成,增加肉芽组织中毛细血管的数量与血液流量,改善创面微循环,为组织修复提供营养物质。此外,bFGF对损伤部位神经纤维的再生也有促进作用。

20世纪90年代中期,我国生产出世界上第一个促进创面愈合的基因工程国家一类新药——重组牛碱性成纤维细胞生长因子,能促进急性创面(包括烧伤、创伤、手术切口及供皮区创面)、慢性创面(包括褥疮、窦道、糖尿病性溃疡及其他慢性炎症创面)的愈合,并可促进冠状血管新生。美国FDA早已批准重组人bFGF上市,国内也有多家生物制药公司生产的bFGF被批准上市。已上市的bFGF有冻干粉、滴眼液、喷雾剂等制剂,还有外用bFGF(如雷匹夫明)。很显然,bFGF的作用相当广泛,当然有大量关于bFGF在颗粒脂肪移植中的研究,包括动物实验和临床试验。

(一)bFGF与颗粒脂肪移植相关的动物实验

早在1994年,廖天安等应用bFGF作用于自体脂肪游离移植,以刺激移植体早期的血管形成。实验方法是将SD大鼠腹股沟区脂肪植入其双侧下颌角咀嚼肌和皮肤之间。分为两组,对照侧脂肪移植之前加入纤维蛋白原和凝血酶,实验侧脂肪移植前加入纤维蛋白原和bFGF(bFGF是与清蛋白结合的)。术后5、7、10天,动物在全麻下开胸,经心脏主动脉插管,用生理盐水(含肝素1000U/100ml)灌注至血液澄清,灌墨汁,经10%甲醛固定,取材后缓慢脱水,包埋制片。每块切片3张,1张行HE染色,观察移植物的病理变化,2张脱蜡后用显微测微仪测定灌注血管。观察10个视野,求出每平方毫米的血管密度值。HE染色镜下显示移植物包膜由肉芽组织构成,新生血管丰富,有些血管呈垂直状向移植物延伸,移植物内血管分布不均,边缘密集,中央较疏,在各期包膜或移植脂肪组织中,实验侧均较对照侧的血管密集。灌墨标本肉眼见移植物表面均有包膜,表面血管清晰可见,切片测定血管密度,各视野密度不均,移植后7天比10天、5天血管再生丰富,实验侧较对照侧新生血管密度高。这个实验实际上是利用纤维蛋白原在凝血酶的作用下形成纤维蛋白的过程中交联成海绵状网,将bFGF缓慢释放到移植体和周围组织中发挥促血管作用。

bFGF在促进颗粒脂肪移植成活中的作用早已得到公认,而且连续作用比单次作用更为有效。为了克服单次使用半衰期短的问题,1998年,廖天安等继续研究bFGF缓释技术,通过纤维蛋白缓释浓度的正交筛选,寻找bFGF和纤维蛋白合适的缓释浓度。2005年,杜学亮等探讨bFGF对颗粒脂肪移植成活的作用。方法是在颗粒脂肪移植的实验动物模型应用bFGF,通过对不同时期实验侧和对照侧移植体血管密度的定量研究,观察血管生长情况。结果显示,微血管显影清晰,对照侧和

实验侧术后各期血管密度逐渐增高。对照侧于28天达最高，实验侧于14天达最高，以后稍有下降，每组实验侧均高于对照侧。得出结论：bFGF可以有效促进颗粒脂肪移植的血管生长。2009年，伍俊妍等研究不同缓释体系下基因重组型bFGF对脂肪移植终体积的影响，来寻找合适的缓释体系。

（二）bFGF与颗粒脂肪移植相关的临床实验

bFGF的促血管作用不仅在动物体内发现，而且在临床上已经应用到患者身上。程晖报道自2003年4月到2005年4月间，应用较高浓度的bFGF加入到自体颗粒脂肪中，移植到受区，提高了自体颗粒脂肪移植的成活率，使28例面部凹陷和4例乳房萎缩患者获得了满意的疗效。

易阳艳等报道，选择2001年11月至2006年3月间采用自体脂肪移植治疗面部凹陷畸形的患者60例，共73个部位，所有患者均排除器质性病变且知情同意。按随机数字表法分为两组，每组30例。取出的脂肪经过清洗、过滤备用。bFGF组在要移植的脂肪中加入10μg/L的bFGF和庆大霉素液，每100ml颗粒脂肪中加入庆大霉素80000U及bFGF 20000U；对照组只加入庆大霉素液，不加bFGF。术后半年随访，观察一次注射后的治疗效果。评估标准：凹陷充填后丰满平坦，双侧对称满意者为优；凹陷充填后较丰满平坦，双侧基本对称较满意者为良。结果：术后半年随访，60例患者的凹陷部位均得到不同程度的改善，无一例发生感染、液化及干酪样坏死等并发症。术后半年bFGF组优良率为87%，对照组优良率为57%，两组相比差异具有统计学意义（$P<0.05$）。

册巨龙等观察bFGF对注射脂肪成活率的影响，并利用CT建立了一个客观判断脂肪移植成活率的影像学标准。方法是选取20例双侧颞部凹陷要求手术的女性行颗粒脂肪注射充填术。每20ml脂肪颗粒中注入bFGF 2000U及庆大霉素8000U，注射手术结束后第2天、3个月分别进行照相和CT成像，3个月后计算脂肪吸收率，判断疗效。结果显示，20例患者的40个凹陷部位，每个部位每次注射脂肪颗粒10～16ml（平均11ml），术后无感染、血肿、脂肪液化、脂肪栓塞发生，1～3个月内均可见移植物部分吸收体积变小，3个月后外形基本稳定。一次注射后，优：16个部位（40%），良：20个部位（50%），差：4个部位（10%）。CT检查3个月后注射脂肪吸收率为（27±5.6）%，比文献报道的常规脂肪移植吸收率40%～50%要低。得出结论：bFGF能够提高脂肪移植的成活率，计算机辅助CT成像技术检查注射脂肪吸收率这一无创方法客观、准确，值得在临床研究中推广。

目前，bFGF促进血管形成的效果肯定，相信良好的缓释体系能够使它高效发挥促进血管形成作用。

三、肝细胞生长因子与颗粒脂肪移植

1984年，Michalopoulus等发现肝部分切除后，大鼠血浆内含有刺激肝细胞DNA合成的物质，称为肝细胞生成素（hepatopoietin）。同年，Nakamura等从肝部分切除的大鼠血小板中提取到纯度较高的多肽因子，并命名为肝细胞生长因子（hepatocyte growth factor，HGF）。1985年，Stoker等发现一种主要作用于细胞活动的成纤维细胞衍化因子，因为它能分散结合紧密的细胞克隆集落，故命名为扩散因子（scatter factor，SF）。实际上它们是同一种因子，现在通称为HGF。主要来源于肝脏Kupffer细胞、内皮细胞、成纤维细胞、储脂细胞、肺脏内皮细胞以及恶性肿瘤细胞，而肝实质细胞和肾脏仅产生极微量的HGF。HGF由728个氨基酸构成的单链分子衍生而成，与肝素有很强的亲和性，受体是由原癌基因c-met编码产生的一种与酪氨酸激酶相关的物质。

HGF除具有肝脏损伤后启动肝再生的功能外，还具有显著的促细胞分裂、细胞运动、血管生成作用。HGF刺激原代无血清培养的肝细胞DNA的合成，对多种组织器官的生长发育有重要的生理调节功能。HGF的主要功能有：①具有促进血管内皮细胞增生和新生血管形成的作用。一般认为在

血管生成过程中，内皮细胞需要表现出来一系列特殊、复杂的行为，包括增殖、迁移、细胞间互相黏着、排成直线以及形成开放的腔样结构。在兔和小鼠缺血模型中，HGF 能刺激新生血管生成，且不论在体内还是体外实验，HGF 的血管生成活性比 VEGF 和 bFGF 更为强大。②能促进组织细胞的发生、生存和再生，移植细胞凋亡。周一军等证明，HGF 干预后可显著降低不同时间的内皮细胞凋亡率，且内皮细胞抗凋亡基因 Bcl-2 表达明显升高，而促凋亡基因 Bax 表达无明显变化。Gopalkr Ishnapilla I. B.等研究发现，HGF 能抑制高糖环境下内皮细胞的程序性死亡，促进血管内皮细胞再修复。③能调节胶原纤维的合成和炎性反应，在促进创伤愈合和防治组织纤维化中起重要作用。

郭万里等探讨用 HGF 解决脂肪移植成活率低的问题。方法选用 Wistar 大鼠 18 只，随机分为 3 组，每组 6 只，分别用 10ng/ml HGF、1ng/ml HGF、生理盐水处理，移植 1 个月后分别采集移植的脂肪组织，测量纯移植体的体积，对不同实验组和对照组大鼠行 HE 染色观察移植组织病理学变化。结果显示，10ng/ml 和 1ng/ml HGF 处理组移植体成活率高于生理盐水处理组的成活率（$P<0.05$），10ng/ml 和 1ng/ml HGF 处理组间的成活率差异无显著意义（$P>0.05$）。结论是一定浓度的 HGF 有促进移植鼠颗粒脂肪组织血管增生的作用，可以提高移植后脂肪组织的成活率。

虽然 HGF 有助于提高移植脂肪的成活率，但目前应用到临床上还有一些问题需要解决。首先，HGF 半衰期短，只有几个小时，其在体内发挥作用需要长时间与靶细胞受体结合。其次，因为 HGF 影响和调控细胞周期，应用 HGF 的安全性成为争论的焦点。有文献报道 HGF-c-Met 信号通路有潜在致瘤性和致肿瘤浸润、转移的可能性，HGF 也可通过诱导 VEGF 产生间接诱导肿瘤的血管生成。因此，在研究 HGF 临床应用的同时对其安全性的考虑也不能忽视。最后，HGF 有强大的血管活性，但少见国内外在皮瓣成活和颗粒脂肪移植方面研究的相关报道，仅仅有几篇相关文献提到脂肪源性干细胞可以分泌 HGF，以及以腺病毒作为载体表达 HGF 可以减少移植脂肪的吸收。随着对 HGF 作用机制的不断研究，相信应用 HGF 会成为促进脂肪移植的重要途径之一。

四、胰岛素样生长因子-1 与颗粒脂肪移植

胰岛素样生长因子-1（insulin-like growth factor-1，IGF-1）的结构类似胰岛素原，由 70 个氨基酸组成，是生长激素刺激后合成与释放的一种小分子多肽生长因子，既能够促进细胞分化与增殖活性，又有胰岛素样作用。IGF-1 作用是通过抑制下丘脑促生长激素释放激素的释放，促进生长抑素的释放。IGF-1 广泛存在于机体组织中，具有自分泌和旁分泌效应，对促进机体组织器官生长、分化与增殖具有重要作用。重组人胰岛素样生长因子-1（rhIGF-1）介导生长激素的合成代谢对机体多种组织均有作用，已作为一种生物制剂应用于糖尿病、Laron 综合征、骨质疏松、神经炎等的治疗，并取得了良好的预期治疗效果。

唐毅等研究发现，一定浓度的 IGF-1 对移植颗粒脂肪组织具有促进血管增生作用。取成年雄性新西兰大白兔腹部脂肪制备成颗粒脂肪，实验组经 20 pg/L IGF-1 处理，对照组经纯水处理后移植于背部。移植组织在不同观察时间取出后行 α 肌动蛋白（actin）染色，用计算机图像分析技术测定微血管数目。结果显示，IGF-1 处理组血管数目在移植 10、20、40 天后分别为 93.41/cm^2、138.12/cm^2、104.15/cm^2，显著高于同一观察时间的纯水处理组（$P<0.05$），actin 染色强度也较高。但在移植 40 天后，IGF-1 处理组织的血管数目却呈降低趋势，这说明，IGF-1 的血管增生刺激作用呈浓度相关性，至于其发挥作用的浓度范围，还需要进一步的研究确定。

IGF-1 发挥其促进血管增生作用的途径可能有两种：一是直接作用于血管内皮细胞和血管平滑肌细胞上的 IGF-1 受体，二是通过内源性血管增生刺激因子间接完成。起中间作用的内源性因子有 VEGF、FGF 等，IGF-1 和它们间的相互作用方式以及作用机制、生物效应等方面的差别，有待

PDG

进一步的研究。血管的增生从内皮细胞的迁移开始，平滑肌细胞和周细胞的参与是血管增生过程完成和血管成熟的标志。actin 是一种细胞骨骼蛋白，在血管平滑肌细胞内含量丰富。用 actin 染色观察血管，可以弥补用血管内皮细胞染色观察血管形态的不足。IGF-1 处理颗粒脂肪组织内 actin 染色丰富，呈现较明显的血管管腔形态，说明经 IGF-1 处理后，组织内不但血管新生活跃，而且血管的分化成熟程度也相应增加。成熟血管管腔的形成，有助于向血管供区提供及时充分的血供。

IGF-1 在游离脂肪移植中改善局部血供的作用尚处于实验研究阶段，但真正应用于临床，尚有许多问题有待解决。不过，随着研究的深入，其应用前景将更为广阔。

五、其他因子与颗粒脂肪移植

颗粒脂肪移植是整形外科的热门研究领域，广大科研人员积极寻找颗粒脂肪移植成活率低的解决办法。除上述生长因子以外，还研究了有可能参与血管新生的许多相关因子，比如前列腺素（PG）、瘦素、纤维蛋白、血管生成素-1（Ang-1）、促红细胞生成素（erythropoietin，EPO）、基质金属蛋白酶-2（matrix metalloproteinase-2，MMP-2）等。

2003 年，朱晓海等研究前列腺素类药物米索前列醇（PGE1 类似物）和卡前列甲酯（PGF2α 类似物）对人前脂肪细胞增殖与分化的作用。他们培养人皮下脂肪的前脂肪细胞，在其增殖与分化的不同阶段分别加入米索前列醇和卡前列甲酯，发现米索前列醇对人前脂肪细胞的增殖和分化过程中的甘油-3-磷酸脱氢酶（GPDH）升高、脂肪积聚均有促进作用，卡前列甲酯对米索前列醇有协同作用。脂肪组织内有多种前列腺素受体，包括 PGI2、PGE1、PGE2 和 PGF2α 等，同时脂肪组织也是产生这些前列腺素的重要场所。前列环素（prostacyclin，PGI2）的作用是促进前脂肪细胞内 cAMP 的升高，使其向脂肪细胞分化。PGE1 可同时作用于 PGE1、PGE2 和 PGI2 受体，因此它同时兼有 PGI2 和 PGE2 的作用，既能升高前脂肪细胞内的 cAMP 含量，促进其增殖和分化；又能降低成熟脂肪细胞内的 cAMP 含量，增强脂肪细胞抵抗各种药物促进脂肪分解的能力。PGE1 是一种强大的促血管生成物质，对血管的形成和吻合有强大的促进作用，既作用于大血管，又作用于微细动静脉。自体脂肪组织移植的结果取决于移植物中最后存在的细胞数量，而血供重建的程度和脂肪组织继续生长的能力对提高脂肪的成活量同等重要。前脂肪细胞向脂肪细胞分化和继续肥大的过程中又可分泌出强大的促血管生成物质——甘油一丁酸酯，因此脂肪组织在移植后，这两个过程的同时启动将大幅度提高脂肪组织的成活率。

2004 年，王友彬等探讨瘦素是否具有促进移植颗粒脂肪组织成活的作用。取大鼠腹部皮下脂肪组织制成颗粒脂肪，分别用 NS 及 20ng/ml 瘦素处理后行自体头皮下移植。在不同观察时间取出移植组织称重，同时行 HE 及 VEGF 染色。实验组和对照组结果比较，用瘦素处理的组织其周围包膜薄，脂肪细胞坏死融合少，在移植 10、20、40 天后重量维持率分别为 108.3%、83.3%、66.3%，和 NS 处理相应时间组 60.0%、42.1%、39.5% 的重量维持率相比，差异有显著性意义（$P<0.05$）。另外，移植组织内 VEGF 染色强度较高，也说明瘦素对移植鼠的颗粒脂肪组织具有促进成活的作用。其作用机制可能是促进移植组织的血管增生。血管内皮细胞上具有瘦素受体，是瘦素的靶细胞之一，瘦素通过作用于中枢靶细胞发挥促进脂肪代谢的功能，同时又通过促进血管内皮细胞的增殖加速局部血管增生，增加局部血供，使脂肪代谢得以有效进行。另外，瘦素还具有促进前脂肪细胞分化的功能。

2006 年，郭杰等通过建立大鼠的脂肪移植模型，在移植前经过 Ang-1 处理，利用 Ang-1 促进血管生长、加速局部血液循环重建的作用，来研究其对移植体成活率的影响。将 18 只 6 个月的健康 Wistar 大鼠随机分成 2μg/ml 组、0.25μg/ml 组、生理盐水对照组三组，切取大鼠双侧腹股沟处的脂

肪约1ml，纯化后按分组要求分别经2μg/ml、0.25μg/ml Ang-1和生理盐水处理后进行自体背部皮下移植。术后1周取出移植的脂肪组织进行HE、CD34染色以及血管计数。Ang-1组脂肪组织早期包膜较薄，脂肪细胞坏死融合较少，纤维囊壁及移植组织内有较多血管出现。三组移植脂肪块周边区血管密度值相比，Ang-1组(7.38±0.52，7.42±0.92)明显高于生理盐水对照组(2.25±0.59，$P<0.05$)，Ang-1高低浓度两组间无明显差别。说明一定浓度的Ang-1对移植颗粒脂肪组织有促进其血管增生的作用，能提高移植后脂肪组织的成活率。

2009年，付冰川等探讨纤维蛋白胶对自体脂肪游离移植的成活率的影响。选取清洁级新西兰大白兔10只，切取其腹股沟区皮下脂肪，制成颗粒状。以纤维蛋白胶结合的自体脂肪颗粒(实验组)及生理盐水混合的自体脂肪颗粒(对照组)分别注射于兔腰背筋膜区对称部位的皮下间隙。术后6个月取出脂肪移植物，比较两组移植物的湿重，并切片行HE染色比较微观形态差异。移植物湿重测量结果显示，实验组成活率为(64.9±12.2)%，远高于对照组(29.2±9.3)%，有显著性差异($P<0.01$)。组织学切片HE染色显示实验组存留了更多的正常脂肪组织，实验组血管密度为(20.1±4.4)%个/HF，大于对照组的(12.2±3.4)%个/HF，有显著性差异($P<0.01$)。纤维蛋白胶基于其黏附性及促进新生血管形成的特性，可提高自体游离脂肪移植物的成活率。纤维蛋白胶是机体自身凝血途径的最终产物，具有生物可降解性，它主要由纤维蛋白原和凝血酶两部分组成。凝血酶催化纤维蛋白原形成纤维蛋白单体，后者可作为止血屏障及细胞迁移的支架。凝血酶被证明可刺激创面组织内成纤维细胞的增殖。同时，纤维蛋白胶还被发现可促进VEGF的局部聚集，从而达到持续刺激新生血管的作用。

此外，2008年，Kuramochi等发现MMP-2能促进移植的脂肪细胞在小鼠体内的成活，并推测机制有可能是因为MMP-2参与了bFGF促进移植脂肪成活的过程。2010年Saher Hamed等发现EPO能促进移植脂肪的成活。他们将人脂肪注射移植到裸鼠皮下，给予20IU或者100IU的EPO处理，15周后研究移植脂肪的血管新生、凋亡和组织学观察。结果显示EPO处理组比PBS处理组的脂肪成活体积和重量要多(有统计学意义)，EPO处理组血管新生因子和微血管密度增加，炎症和凋亡减少。这说明EPO可以通过刺激血管新生、减少凋亡来促进移植脂肪成活。

六、多种因子联合治疗与颗粒脂肪移植

虽然一些因子对颗粒脂肪移植成活有一定的促进作用，但只是提高了部分的成活率。学者们就想到，既然这些因子都有一定的效果，那么将它们联合起来应用，是否能使移植脂肪完全成活呢？

2003年，薛斌等联合应用VEGF和bFGF蛋白促进皮瓣血供重建，结果发现两者有协同作用。虽然应用VEGF组皮瓣新生血管较bFGF组多，但两组皮瓣成活率无差别，说明VEGF和bFGF有协同促血管新生的作用。2007年，梁杰等探讨血管内皮细胞生长因子(VEGF)及血管生成素(Ang)对大鼠自体脂肪移植血供重建的影响。在颗粒脂肪移植的实验动物模型中应用纤维蛋白原缓释VEGF，作用于Ang浸泡过的自体脂肪细胞，用免疫组化法观察实验组和各对照组移植体血管生长情况，并测量各组脂肪移植体剩余体积。结果显示实验组脂肪移植体血供重建良好，脂肪块剩余体积明显大于空白组和Ang对照组。说明VEGF能加快脂肪移植体的血供重建，同时Ang与VEGF有协同作用，能显著提高自体脂肪移植的成活率。随后，2009年，梁杰等又发现在移植脂肪组织中表达外源性VEGF蛋白的VEGF165基因质粒，能与脂微球化PGE1协同促进移植脂肪早期血管生成。

目前，关于如何利用不同的细胞因子来促进颗粒脂肪移植成活率的研究还在继续，或许在不

久的将来,能够找到一种最佳的刺激因子,或者是最佳的因子组合,使移植脂肪完全成活。

第三节 基因治疗与颗粒脂肪移植

自体游离脂肪组织移植因其来源丰富、取材容易、操作简单、充盈外形好、无排异反应等优点,受到整形美容外科医生的重视,曾被用于充填颜面部的凹陷畸形,如颜面萎缩、凹陷性瘢痕、眼睑下陷、鼻唇沟过深等,也被用于隆乳、隆颞和隆鼻等美容手术。但自体脂肪组织移植成活率一般只有30%~70%,因而严重地限制了其在临床的广泛应用。造成移植脂肪成活率低的主要原因是移植的脂肪耐缺血能力差,移植后血液循环建立慢,在组织耐缺血时限之内没有重建足够的血供,因缺血而坏死。近几年,第四军医大学西京医院、兰州军区兰州总医院和南方医科大学南方医院在关于基因治疗促进颗粒脂肪移植成活方面做了大量的工作。

一、转染 VEGF 基因对移植颗粒脂肪成活的影响

2005年,刘宇兰等研究重组人 VEGF 基因治疗对大鼠游离颗粒脂肪移植成活的影响。他们将36只SD雄性大鼠分为三组,于游离颗粒脂肪移植后分别注入重组 VEGF 基因质粒、空白质粒和生理盐水,于术后7、15、30天分别采集移植的脂肪组织,计算植入物校正重量并行 HE 染色观察一般组织病理改变,同时使用免疫组化法测定组织的 VEGF 表达水平及微血管密度。结果显示,目的基因组在移植物重量改变方面显著小于空白质粒组及生理盐水组($P<0.05$),其 VEGF 表达及微血管密度均显著高于其他两组($P<0.01$),空白质粒组与生理盐水组的差异无显著性意义。此外,在空白质粒组及生理盐水组,镜下观察发现大量囊样脂池、坏死区。由结果可以得出,皮下注射重组 VEGF 基因质粒在组织中能够表达 VEGF,并诱导新血管的形成,增加血流灌注,减少移植组织的吸收,促进移植脂肪成活。

2006年,郑岩等进行了 VEGF 基因体外转染大鼠骨髓间充质干细胞(bone mesenchymal stem cells,BMSCs)的实验研究,并探讨脂质体介导 VEGF 基因转染大鼠 BMSCs 应用于基因治疗的可行性和安全性。首先体外分离、培养、鉴定 BMSCs,pcDNA3.1(-)/VEGF165 质粒转染 BMSCs,转染后用免疫荧光和 ELISA 检测 BMSCs 表达 VEGF 蛋白的情况,MTT 检测 BMSCs 对 VEGF 质粒转染的敏感性。结果发现:从骨髓中分离得到 BMSCs,流式细胞检测显示 BMSCs 不表达 CD34 和 CD45,但表达 CD90。透射电镜观察可见细胞浆中含大量粗面内质网和分泌颗粒。VEGF 基因转染 BMSCs 后第5天抗 VEGF 免疫荧光染色约90%的 BMSCs 呈阳性。ELISA 检测结果显示 pcDNA3.1(-)/VEGF165 质粒转染组细胞培养上清液中 VEGF 含量明显高于对照组,并于转染后第5天达到峰值。MTT 检测结果显示 VEGF 质粒转染对 BMSCs 增殖无影响。结果说明 BMSCs 可作为 VEGF 基因转染的靶细胞用于基因治疗,为 VEGF 基因促进脂肪移植应用找到了合适的细胞载体。

2007年,易成刚等研究了 Ad-VEGF 对裸鼠游离脂肪移植血管化和成活的作用。将1ml人的脂肪组织注射到裸鼠的头皮下,随机分为三组,每组10只裸鼠,给予不同处理:一组为游离脂肪+Ad-VEGF,二组为游离脂肪+Ad-GFP,三组为游离脂肪+生理盐水。15周后处死裸鼠,检测成活脂肪的重量、体积、HE 染色、移植脂肪中心血管密度(vWF 染色)、ELISA 测 VEGF 蛋白水平。结果显示一组成活脂肪重量和体积明显大于二、三组。HE 染色显示一组纤维化和液化囊较少,说明提高了脂肪成活的质量,血管密度明显增高。并分别于第1天、4天、7天、28天抽血检测 VEGF 蛋白水平显

示明显增高。说明 VEGF 基因治疗能够提高移植脂肪成活率，主要原因可能是促进了移植脂肪血管化。

2008 年刘嘉锋等研究重组 VEGF 基因治疗皮瓣、皮片及游离颗粒脂肪移植成活的影响。将带有 PCD-VEGF165 的大肠杆菌接种到 LB 培养基中，通过碱分裂法制备 PCD-VEGF165 质粒，再用反蒸发法将质粒包埋于脂质体中。将 108 只雄性 SD 大鼠平均分为三组，每组 36 只，每组再分为 PCD-VEGF165 目的基因组、PCD 空白质粒组和生理盐水组，各组分别注入目的基因、空白质粒和生理盐水后在不同时间点计算组织成活率，同时取标本做成石蜡块行常规染色及免疫组化染色，检测 VEGF165 的表达及血管生长情况。结果显示目的基因组的皮瓣及皮片成活面积较空白质粒组和生理盐水组明显大($P<0.01$)，游离脂肪重量减少的程度亦显著小于空白质粒组和生理盐水组($P<0.05$)；三种移植组织中目的基因组 VEGF 的表达及微血管密度均显著高于其他两组($P<0.01$)；目的基因组的血管直径明显小于对照组($P<0.05$)，空白质粒组与生理盐水组的差异无显著性意义。这说明注射转 VEGF 基因的质粒后可在皮瓣、皮片及游离颗粒脂肪移植等组织中表达丰富的 VEGF，诱导新血管的形成，增加血流灌注，并减少移植组织的吸收，最终促进移植皮瓣、皮片及脂肪的成活。

二、转染 HGF 基因的 BMSCs 对移植颗粒脂肪成活的影响

如前文所述，HGF 具有促进血管内皮细胞增生和新生血管形成的作用，且不论在体内还是体外实验 HGF 的血管生成活性比 VEGF 和 bFGF 更为强大。刘婕婷等以腺病毒为介导，把 GFP 导入 BMSCs，经静脉注射移植至严重烫伤延迟复苏的大鼠体内，观察 BMSCs 在体内的分布情况；然后将腺病毒介导的人 HGF 转染到大鼠 BMSCs，观察 HGF 在 BMSCs 中的表达；最后，将 HGF 基因转染的 BMSCs 与移植脂肪颗粒混合移植，观察对移植颗粒脂肪成活的影响。实验分为五组：A 组为颗粒脂肪，B 组为颗粒脂肪＋Ad-HGF，C 组为颗粒脂肪＋BMSCs，D 组为颗粒脂肪＋Ad-GFP-BMSCs，E 组为颗粒脂肪＋Ad-HGF-BMSCs。结果显示 3 天时 HGF 在移植物中的表达呈强阳性，并随着移植时间的延长逐渐减弱。平均血管密度计数，Ad-HGF-BMSCs 组 7 天新生血管达到高峰，14 天后趋于稳定；与其他四组比较，E 组在术后第 3 天无差异，但在术后 5 天、7 天、14 天、28 天、60 天时均有差异($P<0.05$)。本实验结果显示的意义是：E 组脂肪移植成活体积均好于其他组($P<0.05$)，B、C、D 组好于 A 组($P<0.05$)，而且血管生成的速度和数量也有明显的优势。Masson 染色显示，E 组移植体内胶原纤维分布稀疏、间隔薄，细胞形态均一、分化好，A、B、D 组大量的胶原纤维伸入移植体，形成大小不等的包裹，间隔较厚。这说明携带有 HGF 基因的 BMSCs 不仅能保持颗粒脂肪移植后的体积，而且也能提高其成活质量。

三、转染 VEGF 基因的 ADSCs 对移植颗粒脂肪成活的影响

2009 年，南方医科大学鲁峰等研究利用载有人 VEGF 基因的腺病毒转染入 ADSCs 对移植颗粒脂肪成活率的影响。实验动物为 18 只裸鼠，每只裸鼠背部有四个注射移植位点，共分四组：A 组注射颗粒脂肪＋Ad-VEGF-DiI-ADSCs，B 组注射颗粒脂肪＋DiI-ADSCs，C 组注射颗粒脂肪＋Insulin，D 组注射颗粒脂肪＋DMEM。通过液体溢流方法计算移植物的体积，各组移植颗粒脂肪成活的比例分别是：A 组为(74.1±12.6)%，B 组为(60.1±17.6)%，C 组为(37.7±6.9)%，D 组为(27.1±8.2)%。移植组织学观察：A、B 组显示大量分化成熟的脂肪细胞，表现为正常脂肪组织的结构，纤维化和坏死很少；C 组显示明显的纤维化，有不同类型的细胞侵入，脂肪坏死；D 组 HE 染色镜下显示大量纤维化和脂肪坏死。毛细血管密度：A 组的毛细血管密度比其他三组都要高，B 组毛

细血管密度尚可，C、D 组移植物中几乎没有发现毛细血管。EC 荧光标记显示：红色荧光不仅出现在血管样组织中，而且还出现在成熟的脂肪组织。将 DiI 红色荧光和 CD31 绿色荧光融合，发现有三个 EC 显示黄色，说明这些 EC 来源于 DiI-ADSCs。本实验发现，将 ADSCs 作为 VEGF 基因的载体，能够不断地分泌 VEGF，发挥其促血管作用；同时 ADSCs 能够分化为 EC，促进移植脂肪血管新生。基因治疗和细胞治疗已经被证明对促进血管化是有效的。

四、转染 HIF-1αΔODD 基因的成纤维细胞对移植颗粒脂肪成活的影响

2008 年，郑岩等探讨移植转染 HIF-1αΔODD 基因的 NIH3T3 细胞对大鼠自体脂肪移植的促进作用。其实验方法为：①重组慢病毒 Lenti/HIF-1αΔODD/EGFP 的构建；②重组慢病毒 Lenti/VEGF165/EGFP 的构建；③重组慢病毒体外转染 NIH3T3 细胞；④观察 NIH3T3 细胞在大鼠体内的成活时间；⑤转染 HIF-1αΔODD 基因的 NIH3T3 细胞促大鼠移植脂肪血管新生。共分为 3 组：A 组移植转染 Lenti/HIF-1αΔODD/EGFP 的 NIH3T3 细胞，B 组移植转染 Lenti/VEGF165/EGFP 的 NIH3T3 细胞，C 组移植转染 Lenti/EGFP 的 NIH3T3 细胞。结果显示脂肪移植后 6 个月时 A 组的脂肪成活率高于 B 组，这是因为脂肪的成活主要依靠移植后早期血供的重建，由 HIF-1αΔODD 调节多种生长因子表达，诱导产生的是成熟的新生血管，而由 VEGF 诱导产生的多是无功能的新生血管，因此 A 组脂肪成活率高。A 组和 B 组的血管密度基本相同，这是因为 NIH3T3 细胞在移植 1 个月左右被宿主排斥掉，促血管新生的作用即停止，而且移植脂肪的血供重建过程完成后，多余的新生血管发生退化，直至达到稳定状态。A 组和 B 组的移植脂肪组织在 6 个月后的病理检查中未发现有血管瘤样组织的出现，证实了转基因的 NIH3T3 细胞在大鼠体内发挥短期促血管新生的作用，而不会导致过血管化甚至血管瘤样组织的现象发生，因此此种治疗方法是安全的。本实验证实了移植转染 Lenti/HIF-1αΔODD/EGFP 的 NIH3T3 细胞对移植脂肪组织的血供重建有明显的促进作用，提高了移植脂肪的成活率，其作用优于移植转染 Lenti/VEGF165/EGFP 的 NIH3T3 细胞，因而证实了转 HIF-1αΔODD 基因的促血管化作用优于转 VEGF165 基因，为进一步可能的临床治疗提供了依据。

五、转染 VEGF 和 bFGF 基因的 EPC 对移植颗粒脂肪成活的影响

易成刚等将 VEGF165 及 bFGF 基因体外共转染 EPC，与取自人体的脂肪混合移植于裸鼠，来促进游离移植脂肪组织血供的及时重建，从而提高脂肪组织的成活率，目的在于探索一种新的提高移植脂肪组织成活率的新方法。其方法为：①人脐血中血管内皮祖细胞的体外扩增和鉴定；②pcDNA3.1(-)/VEGF165 的扩增、提取、纯化及鉴定及体外转染 EPC 的实验；③bFGF 真核表达质粒的构建及体外与 VEGF 基因共转染 EPC；④转染 VEGF、bFGF 基因的 EPC 移植促进脂肪移植血管化。实验分为五组：A 组转染 VEGF165 和 bFGF 基因的数量约 5×10^5 的 EPC，B 组转染 VEGF165 基因的数量约 5×10^5 的 EPC，C 组转染 bFGF 基因的数量约 5×10^5 的 EPC，D 组未转染基因的数量约 5×10^5 的 EPC，E 组不含附加成分的 EGM-2 培养基 500μl。结果显示，A、B、C 三组间移植脂肪组织成活率的差异无统计学意义（$P>0.05$），而 C、D 两组间及 D、E 两组间移植脂肪组织成活率的差异有统计学意义（$P<0.05$）。各组移植脂肪组织均有被膜包裹，A、B、C、D 组成活的脂肪组织质地较正常脂肪组织稍硬，但较 E 组软。镜下观察前四组成活的脂肪结构保持较完整，脂肪小叶及小叶间被纤维组织保持较好；而 E 组移植脂肪大部分由纤维组织代替，仅少量结缔组织存在，并可见少许囊样脂肪池。脂肪移植术后各组裸鼠体内 VEGF 蛋白表达水平结果显示，A、B 两组的 VEGF 蛋白分泌水平从细胞移植之后第 1 天上升到一定水平，并于第 7 天达到高峰，随即逐渐下

降，至第 28 天时降到较低水平；其他三组各时间点及组间的 VEGF 蛋白分泌水平差异无统计学意义（$P>0.05$）。各组裸鼠体内的 bFGF 蛋白分泌水平变化情况：A、C 两组的 bFGF 蛋白分泌水平从细胞移植之后第 1 天上升到一定水平，并于第 7 天达到高峰，随即逐渐下降，至第 28 天时降到较低水平；其他三组各时间点及组间的 bFGF 蛋白分泌水平差异无统计学意义（$P>0.05$）。游离移植脂肪的 CD34 免疫组织化学染色检测显示：A 组与 B、C 两组之间比较的差异有统计学意义（$P<0.05$），但 B、C 两组之间比较的差异无统计学意义（$P>0.05$）；C、D 两组及 D、E 两组之间比较的差异有统计学意义（$P<0.05$）。而且通过移植脂肪组织的大体标本和组织检测未发现脂肪组织及其周围组织出现血管瘤样病变发生。荧光显微镜下，EPC 呈红色，术后 3 个月 A、B、C 三组的 EPC 密度明显高于 D 组，差异均有统计学意义（$P<0.05$）；A、B、C 三组中 A 组的 EPC 密度最高，B 组其次，可能原因是转染 VEGF、bFGF 基因后，分泌的 VEGF、bFGF 蛋白对 EPC 都有明显的促增殖作用，并有协同作用，同时可以看出 VEGF 蛋白对 EPC 的促增殖作用要强于 bFGF 蛋白。对照 E 组中看不到有红色荧光的 EPC 细胞。

本实验证实将 VEGF165 基因转染到体外培养的人脐血中的 EPC，利用 VEGF 基因治疗的治疗性血管形成和 EPC 治疗性血管生成的双重协同作用，共同促进缺血皮瓣的血管新生。最终实验结果显示，移植脂肪组织 3 个月后成活率及成活质量明显提高，证实 VEGF 基因治疗和 EPC 治疗在提高移植脂肪组织成活率上有协同作用，同时转染 VEGF165 基因的 EPC 具有更强大的促进组织血管新生的作用。

目前很多学者认为 VEGF 与 bFGF 在促进血管化方面有协同的作用，联合应用两种因子可达到差异性互补，促血管作用更强，使缺血组织及时重建血供以达到临床治疗的目的。此实验中发现，VEGF、bFGF 双基因共转染 EPC 后，与脂肪组织共同移植于裸鼠，在体内 VEGF、bFGF 蛋白表达至第 7 天时达到高峰，并证实双基因转染 EPC 比单基因转染有更强大的促血管新生作用，血管密度更高，但最后移植的脂肪组织成活率与 VEGF 和 bFGF 的单基因转染无明显区别，可能是单基因转染后移植脂肪组织成活率已经达到较高水平，双基因转染的成活率再难以达到与单基因转染的差异有统计学意义的水平。

VEGF、bFGF 基因转染 EPC 移植体内后 VEGF、bFGF 开始明显上调，明显促进了移植脂肪组织的血管新生，但至术后 14 天明显下降，到 28 天时与术前无明显差异，达到了移植组织需要早期及时的血供重建，而不在体内长期高浓度表达，这样可以防止过血管化甚至出现血管瘤样组织。移植脂肪组织的 3 个月病理检查未发现有血管瘤样组织也证实了这一点，说明此种治疗方法比较安全。EPC 在裸鼠体内生物学观察发现，转染 VEGF165、bFGF 基因的 EPC 的数量较不转染的明显增多，说明表达的 VEGF165、bFGF 蛋白有明显的促进 EPC 增殖的作用，其中 VEGF165 基因转染后对 EPC 促进增殖作用强于 bFGF 基因转染，VEGF165、bFGF 双基因转染对 EPC 的促增殖作用更强。此实验结果证实了治疗性血管形成和治疗性血管生成两者结合对提高移植脂肪组织的成活率有较好的效果，为进一步的临床应用奠定了基础。

六、基因治疗在颗粒脂肪移植中的临床应用

目前，有大量关于实验动物的促血管化基因治疗实验，但是还没有进入临床试验。因为基因治疗虽然是很有前景的治疗工具，但同时有一些亟待解决的关键问题，比如如何寻找有效的载体；如何准确高效地将靶基因导入到特定的靶细胞中，从而在该细胞中高效表达并发挥生物活性作用。另外，导入的毕竟是外源基因，而外源基因的可控性还未得到解决，安全性和可控性都是未知数。最后是治疗基因过少，我们知道机体的调控机制是个相互联系的复杂网络，单纯地寻找一个点或

面是很难彻底地解决这个难题的，这也是为什么上文中讲到的基因治疗都不能彻底地使移植脂肪完全成活。随着广大学者的不断努力，新的基因和导入系统不断发现，基因治疗必将走上临床解决移植脂肪血管化的难题，使颗粒脂肪成为最理想的组织移植物。

第四节 细胞治疗与颗粒脂肪移植

一、血管内皮祖细胞与颗粒脂肪移植

血管内皮祖细胞（endothelial progenitor cell，EPC）是血管内皮细胞的前体细胞，亦称为成血管母细胞或血管内皮干细胞，1997年由Asahara等首次分离并证实人类出生后的外周循环血液中存在着能分化为血管内皮细胞的EPC，它在成年机体的血管新生中起重要作用。

（一）EPC的来源和动员

以前观点认为EPC仅仅出现于胚胎血管发生阶段，参与人胚胎血管的生成，人出生后即不存在。Asahara等发现脐带血、成人外周血及骨髓中的CD34$^+$细胞、Flk-1$^+$细胞或AC133$^+$细胞离体培养2周后均能分化为内皮细胞，从而证实成年个体中也存在EPC。在正常成人外周血中的EPC浓度大约是每毫升500～1000个，且大量的细胞处于细胞周期中的G_0/G_1期。近来研究发现成体中的EPC也来源于骨髓，不同祖系的细胞由骨髓释放到外周血（称为动员）。细胞动员机制存在着共同的环节，如黏附、降解、运动、迁移等，但各祖系细胞也有特异性的动员机制。局部的血管损伤能有力地刺激EPC的动员，在缺血、烧伤、创伤等情况下，外周血中的EPC明显增高。

（二）EPC与血管新生

血管新生的发生通过两种机制，即血管形成和血管生成。血管形成是微血管以出芽的方式从已存在的血管床长出，形成新的血管分支及毛细血管丛；而血管生成是由EPC原位分化形成血管。传统的观点认为血管形成只存在于成体，而血管生成仅限于胚胎。随着EPC在成体的分离成功，证明血管生成也发生于成体。因此，血管形成、血管生成可能是人类血管新生的基本过程。

治疗性血管形成是近20多年研究的重点，是利用有促进血管生长作用的生长因子，如VEGF、bVGF、PDGF来促进血管形成的治疗方法。这种方法在大量基础研究的基础上迅速地转入临床研究，在损伤修复、缺血性疾病、促进脂肪移植成活率等方面取得了一些进展，但一些研究结果尚不肯定，许多学者认为单个生长因子难以产生明显的临床效果。

治疗性血管生成是指利用成年机体血液循环中的EPC对缺血组织趋向能力及分化形成血管的生物学性能，通过移植EPC或通过诱导趋化、促进EPC动员、增生，使缺血组织局部的EPC数量增多，从而促进成体血管生成的治疗方法。Kalka等分离人外周血EPC，经体外扩增后，移植治疗裸鼠的缺血后肢，结果发现EPC能明显增加缺血组织的血流量及增加微血管密度，裸鼠的截肢率明显下降。

与治疗性血管形成相比，治疗性血管生成有几个优点：首先，作为一种以细胞为基础的治疗方法，它不仅能给予受体EPC，而且能同时传递对血管新生具有重要作用的生长因子。其次，EPC对缺血组织（移植的颗粒脂肪也是缺血组织）有趋向性，能在最需要血管新生的部位发挥作用，而且自体的EPC移植无毒性及免疫反应。这些特性使EPC能成为生长因子基因转染的靶细胞，有可能使血管形成和血管生成相互协同、互相促进。易成刚等和Iwaguro等利用腺病毒作载体转染VEGF

基因到异种 EPC 来治疗裸鼠的后肢缺血，结果发现缺血组织的血流量及微血管密度明显增强，肢体坏死截肢率比对照组减少了 63.7%；而且利用 VEGF 基因转染后需要 EPC 数量较不用 VEGF 的低 30 倍，但达到的效果相同。因此 VEGF 基因转染 EPC 的方法是促进缺血组织血管生成的有效手段。

（三）EPC 在颗粒脂肪移植中的应用

颗粒脂肪移植成活率低的主要原因是，由于脂肪细胞耐缺血的时间有限，而移植体的自身血供重建需要一定的时间，血供重建的时间长于其耐缺血的时间，所以脂肪组织移植后坏死吸收率很高。因此，促进移植脂肪组织的血供重建是提高移植成活率的关键，利用 EPC 的治疗性血管生成作用及作为 VEGF、bVGF、HGF 等生长因子基因转染的靶细胞联合治疗，促进移植脂肪组织的血供重建，提高移植成活率，有可能取得满意的效果。

二、成纤维细胞与颗粒脂肪移植

2008 年，郑岩等将 HIF-1α△ODD 基因体外转染 NIH3T3 细胞，比较了在颗粒脂肪中混入不同的转基因 NIH3T3 细胞后脂肪的成活率。结果显示脂肪移植后 6 个月时 A 组 Lenti/HIF-1α△ODD/EGFP 的 NIH3T3 细胞的脂肪成活率最高，证实了移植转染 Lenti/HIF-1α△ODD/EGFP 的 NIH3T3 细胞对移植脂肪的血供重建有明显的促进作用，提高了移植脂肪的成活率；同时还发现其作用优于移植转染 Lenti/VEGF165/EGFP 的 NIH3T3 细胞，因而证实了转 HIF-1α△ODD 基因的促血供重建的作用优于转 VEGF165 基因。这说明成纤维细胞也可以作为基因治疗的细胞载体，异体/异种成纤维细胞作为载体细胞具有这些优点：成纤维细胞易于培养、冷冻保存和复苏，易于转染，目前已经有人源（如 MRC-9 细胞系）和鼠源（如 NIH3T3 细胞系）成纤维细胞系在广泛应用，异体移植后最终会被宿主排斥掉，转染的基因也就不再有作用，避免了过度血管化的风险，也不存在细胞在体内永生化的危险。作为基因治疗的细胞载体，成纤维细胞有以上优点，但是它对颗粒脂肪移植有无促进作用，目前还未见报道。

三、骨髓间充质干细胞与颗粒脂肪移植

1986 年，Friedenstein 等首次报道骨髓标本中的小部分贴壁细胞在培养过程中能够分化成骨细胞、成软骨细胞、脂肪细胞和肌细胞，而且这些细胞经过 20～30 个培养周期仍能保持其多向分化潜能，这类细胞被称为骨髓间充质干细胞（bone mesenchymal stem cells，BMSCs）。

（一）BMSCs 的培养鉴定

骨髓细胞原代接种后最初 72 小时内培养物中以造血细胞成分居多，随着培养时间的延长，这些细胞逐渐坏死或随换液而移去。接种后 24 小时有少量细胞贴壁，48 小时后贴壁细胞明显增多，并开始分裂增殖；72 小时后部分区域形成集落。细胞呈多角形、纺锤形、短梭形，胞核质分界清楚，胞体有不规则突起。12～14 天后集落迅速增多，逐渐生长融合成片，细胞形态为长梭形及多边形，无接触抑制现象发生。

BMSCs 表面抗原 SH2、SH3、SH4、STRO-1、α-smooth muscle actin、MAB1740、CD29、CD44、CD71、CD90、CD106、CD120a、CD124 等呈阳性，但 CD14、CD34、CD45 等造血谱系标记呈阴性。目前，对 BMSCs 并没有找到理想的标记分子；但文献报道，BMSCs 表面抗原 CD29、CD44、CD166 呈阳性，而 CD34、CD45、HLA-DR 和 Ulex europaeus 呈阴性。细胞化学分析显示，PAS、ANAE 阳性，SBACP 阴性，并指出了 BMSCs 是一类具有独特表型和细胞化学特征的均一细胞群。

（二）BMSCs可促进颗粒脂肪移植

Lee等证实了BMSCs是脂肪移植较好的细胞来源。BMSCs具有多向分化潜能，易诱导为成熟细胞，来源丰富，可塑性强，其最大特色是可实现个体化治疗，可以冷冻保存以方便临床使用，无免疫排斥反应，特别适合于在美容整形外科领域应用。

四、ADSCs与颗粒脂肪移植

2001年，Zuk等在抽脂术获得的脂肪组织中发现一群具有多向分化潜能的细胞，称为脂肪源性干细胞（adipose-derived stem cells，ADSCs）。从此以后，ADSCs开始逐渐被人们认识。ADSCs取材容易，来源丰富，与骨髓间充质干细胞（bone mesenchymal stem cells，BMSCs）一样具有自我更新能力、活力持久及多向分化潜能等干细胞特征，并且具有稳定生长和增殖、促进组织修复的能力。ADSCs能分化为不同的细胞系，包括脂肪细胞、骨细胞、软骨细胞、骨骼肌细胞、心肌细胞、内皮细胞、神经细胞等等。ADSCs被认为是脂肪细胞和血管细胞的前体细胞，定居在脂肪细胞之间、血管周围或者在细胞外基质中，促进脂肪组织的更新。

（一）ADSCs的培养鉴定

目前文献上主要是利用抽脂方式或者外科切除的脂肪组织进行胶原酶消化获得的细胞进行培养。Zuk等的研究表明，经消化、离心、过滤分离的细胞接种4小时后开始贴壁，24～48小时内细胞生长处于停滞状态，形态呈小圆形，直径约5μm，色深。48小时后，贴壁细胞开始伸展，呈成纤维细胞样短梭形，生长有方向性，直径增加至20μm左右。5～6天后细胞呈集落样生长，有克隆形成。传代后细胞仍呈成纤维细胞样梭形生长。经过多次传代（10～20代），细胞的增殖速度无明显减慢，表现出低衰老性。这表明脂肪组织蕴含丰富的ADSCs细胞。Kotaro等研究显示，从抽脂术后抽吸物中提取的细胞至少有10%是ADSCs，且细胞体外扩增能力很强，易于传代培养。

目前尚无直接方法可鉴定ADSCs。干细胞的鉴定一般有三个条件：①细胞培养时是否贴壁生长；②公认的表面标记的鉴定；③是否具有多向分化能力。据此，一般就可认定细胞是不是干细胞。干细胞常用的方法之一是通过分化表型逆推得知是否为干细胞。ADSCs在形态上与BMSCs相似，因此无法从形态学上与之鉴别。研究证实，多种干细胞皆可表达CD44，CD44表达为阳性，说明细胞来源于干细胞。在表型上，ADSCs与BMSCs有共同之处，都表达CD29、CD44、CD71、CD90、CD105、SH2、SH3；都不表达CD31、CD34、CD45。但ADSCs肯定表达CD49，肯定不表达CD106；BMSCs肯定表达CD106，肯定不表达CD49。以上表明两者存在差别。鉴定除分化表型外还要看是否具备干细胞的分化能力，目前文献上主要选择成脂和成骨分化鉴定。目前已经得到证实，ADSCs在体内和体外经过合适的刺激均能够分化为不同类型的细胞。

（二）ADSCs的获取

ADSCs一般通过切除的脂肪块或者抽脂的方式获得。脂肪块切除时体表会留有瘢痕，而且切取的组织量有限，否则术区切口过大，出血量多；而抽脂则几乎无切口瘢痕，出血量少获取组织量大。抽脂时，ADSCs可以从抽脂漂浮的脂肪部分或者抽吸物的液体部分中获得，但是，液体部分中的ADSCs较少而血液来源的细胞较多。如果是从大量抽脂物中获得ADSCs，细胞量足以应用到临床而无须进行细胞扩增。从200ml抽吸物中就可以获得1亿～10亿个有核细胞，其中至少有10%是ADSCs。研究中发现，新鲜分离的ADSCs $CD31^-$、$CD34^+$、$CD45^-$、$CD90^+$、$CD105^-$、$CD146^-$，但是在培养瓶中贴壁伸展时$CD105^+$。Varma等也发现培养的ADSCs与新鲜的ADSCs表型不同。与通过培养扩增的细胞相比，用新鲜分离的细胞治疗，可能安全性更高、更有效。

脂肪组织或抽脂术后抽吸物经过胶原酶消化，脂肪细胞破裂，将离心之后漂浮在上层的组织

和油弃掉，沉淀在底层的细胞成分叫基质血管组分（stromal vascular fraction，SVF），包括基质细胞、血管内皮细胞、血管平滑肌细胞、周细胞以及大量血液循环来源的细胞，比如白细胞、红细胞等。Suga 等研究发现，从抽脂后抽吸物中获得的 SVF，其中有核细胞包括 37%的白细胞（$CD45^+$），35%的 ADSCs（$CD31^-$、$CD34^+$、$CD45^-$），15%的内皮细胞（ $CD31^+$、$CD34^+$、$CD45^-$），还有其他细胞（$CD31^-$、$CD34^-$、$CD45^-$），血液来源细胞所占比例完全依赖于个体的血容量。SVF 是细胞辅助脂肪移植术中最重要的组分。

（三）ADSCs 在脂肪组织中的作用

ADSCs 有助于脂肪组织更新，脂肪细胞的寿命为 2～10 年，凋亡后被来源于 ADSCs 的下一代细胞替代。脂肪组织随年龄增长出现的萎缩可能是由于 ADSCs 减少，组织更新能力减弱。Suga 等认为 ADSCs 是脂肪重构中的主要增殖细胞，比如脂肪组织缺血再灌注损伤后的修复过程。重构过程被认为是脂肪细胞凋亡 / 坏死（生理性或病理性）和 ADSCs 诱导脂肪新生之间的平衡，伴随着这些变性和再生变化的是毛细血管重构。已经证明 ADSCs 有促进血管化的作用，能在缺血或生长因子刺激的情况下释放促血管化因子，实验中能分化为血管内皮细胞。所以，目前 ADSCs 被认为是脂肪细胞和血管细胞的双重前体细胞。ADSCs 被认为位于脂肪细胞之间（与毛细血管一起）的血管壁或结缔组织中，大多数在血管周。也有研究表明定居在血管壁的一个细胞群能分化为血管，而且其他研究发现 ADSCs 与血管周细胞可能是同一种细胞。另外，研究显示 ADSCs 能参与微血管重构，表现出血管周细胞的表型。在鼠身上已经发现 ADSCs 作为血管平滑肌细胞和周细胞存在于脂肪的脉管中。

目前有大量关于 ADSCs 的基础和早期临床研究，ADSCs 已经被用于临床试验，包括治疗骨缺损（自体新鲜的 ADSCs）、直肠阴道瘘（自体培养的 ADSCs）、移植物抗宿主病（异体 ADSCs）和利用富含前体细胞的脂肪移植物进行软组织充填（自体新鲜的 ADSCs）。目前已经发现，ADSCs 与骨髓来源间充质干细胞有潜在的相似性，是很有前景的细胞治疗工具。

（四）细胞辅助脂肪移植术

自从发现 ADSCs 之后，人们看到了移植脂肪能够完全成活的希望。2003 年，Kotaro 等开始采用细胞辅助脂肪移植术（cell-assisted lipotransfer，CAL），将自体脂肪中新鲜分离的 SVF 与移植脂肪混合，提高了移植脂肪中 ADSCs/ 脂肪细胞的比例，取得了不错的临床效果，移植物成活率为 40%～80%，隆胸术后手感柔软，外观更加自然，钙化、液化、囊肿等并发症减少。

CAL 就是将新抽取的脂肪组织分成两等份，一份用胶原酶消化法来提取 SVF，一份作为生物支架，将包含 ADSCs 的新鲜分离的 SVF 加入到抽脂脂肪中进行混合移植，通过补充 SVF 增加 ADSCs 的数量，提高 ADSCs/ 脂肪细胞比例，从而有助于移植脂肪的成活。Kotaro 带领的研究组从 2003 年就开始进行 CAL 临床试验，到 2008 年已有 307 例患者（女性 303 例，男性 4 例）做过 CAL，包括：乳房手术 269 例（包括 177 例单纯隆胸，52 例乳房假体植入，40 例乳腺切除术后乳房重建），面部手术 48 例（包括 3 例系统性红斑狼疮，2 例 Romberg 综合征，1 例硬皮病），臀部手术 4 例，手部手术 3 例（多部位行 CAL：15 例）。前期临床效果不错，对于软组织充填和异物取出之后的手感、柔软度、外形，患者一般是满意的。3D 成像测量乳房的体积显示，移植物成活率为 40%～80%。

Kotaro 等认为 ADSCs 在 CAL 中有四个作用，其中部分已经得到证实：①ADSCs 能分化为脂肪细胞，有助于脂肪组织的再生；②ADSCs 能分化为血管内皮细胞，也可能分化为血管平滑肌细胞和周细胞，促进血管新生和移植物成活；③ADSCs 能分泌血管新生生长因子比如 HGF 和 SDF-1，从而影响周围宿主组织；④ADSCs 可能作为原始的 ADSCs 成活着。在 CAL 中，ADSCs 与其他细胞互相影响并通过分泌多种促血管的因子，增加了移植组织的血管化程度，极大地提高了脂肪移植的成活率。由于 ADSCs 的分泌和多向分化能力，CAL 在临床上还被用于的治疗其他疾病的研究，比如

急性心肌梗死、周围血管疾病、放疗后并发症以及各种组织缺损等。

（五）前景

关于 ADSCs 的文献报道最近几年迅速增加，而且将继续增加。使用新鲜分离的或者是培养后 ADSCs 的大量临床试验已经开展。能应用到临床上是因为 ADSCs 能多向分化，有分泌生长因子和激素的能力。CAL 将 ADSCs 与自体脂肪移植结合起来，降低了脂肪移植的并发症，提高了移植脂肪的成活率，使利用自体脂肪移植进行的软组织充填术得到很大发展。尽管关于 ADSCs 在自体脂肪移植治疗方面的安全性和有效性存在争议，相信正在进行的临床试验不久将告诉大家答案。

第五节　提高颗粒脂肪移植成活率的其他研究进展

一、颗粒脂肪获取、处理研究，积极提高移植细胞的活性

Gonzalez 等认为，移植颗粒脂肪的成活体积多少取决于移植脂肪中活性脂肪细胞所占的比例，即 Peel 细胞成活理论。他们认为移植颗粒脂肪体积减小发生在三个阶段：①从供区获取颗粒脂肪准备移植；②移植过程；③移植后患者的身体条件和颗粒脂肪随时间的改变。能够减少脂肪颗粒损伤的方式有利于提高脂肪成活率，尽管文献上有低压抽吸、冲洗、离心、浓聚以及加入培养液和生长因子等方法，但是目前还没有获取和处理颗粒脂肪公认的最好方式。所以，他们研究了不同的抽吸压力和洗涤方式对移植颗粒脂肪活性在体外的影响。结果发现 2mm 钝头细针（后接 10ml 注射器）比 3mm 钝头细针（后接 60ml 注射器）获取颗粒脂肪组织更有效，油层和 G3PDH 都要少些。他们认为原因是低负压可减少对包膜的破坏，获得的脂肪颗粒更加完整，而且连续负压对脂肪细胞也是有害的；另外，用纱布过滤冲洗可以去掉组织碎片、血液、局麻浸润液、油，使获得的颗粒脂肪更干净。

二、联合治疗

细胞因子治疗是有效果的，也发现了不少可以促进移植脂肪血管新生的因子。但是由于细胞因子半衰期短、代谢快，不能形成有效浓度，所以不能在体内长久地发挥作用。基因治疗是不错的选择，将细胞因子的 DNA 片段加入到载体的基因序列中，使载体稳定表达所需蛋白因子，长期发挥作用。

2009 年，Lu 等利用载有人 VEGF 基因的腺病毒转染人 ADSCs，发现移植脂肪早期就出现大量的新生血管，促进了移植脂肪的成活，同时证明 ADSCs 治疗无论是否转染 VEGF 基因，都极大地促进了移植游离脂肪的成活，两者结合效果更好。Pu 等的研究将干细胞治疗和基因治疗有机结合，第一次清楚地阐明了血管化在游离脂肪移植中的重要作用。

或许，最终并没有一种因子或细胞可以促进移植脂肪完全成活，联合治疗才有可能是最终的选择，它能将各种治疗的优势综合，包括颗粒脂肪获取、体外洗涤、加入促血管因子以及干细胞移植等才能使移植颗粒脂肪获得最大成活。如此多的人力物力和时间投入到促进移植脂肪血管化的研究中，相信突破这个科学难题指日可待。

（易成刚　郭树忠）

参考文献

[1] Kryger Z, Zhang F, Dogan T, et al.The effects of VEGF on survival of a random flap in the rat: examination of various routes of administration[J].Br J Plast Surg, 2000, 53(3):234-239.

[2] Kuramochi D, Unoki H, Bujo H, et al.Matrix metalloproteinase 2 improves the transplanted adipocyte survival in mice[J]. Eur J Clin Invest, 2008, 38(10):752-759.

[3] Hamed S, Egozi D, Kruchevsky D, et al. Erythropoietin improves the survival of fat tissue after its transplantation in nude mice[J]. Plos One, 2010, 5(11):13986.

[4] 刘婕婷,刘毅,哈小琴.肝细胞生长因子基因转染脂肪细胞对移植组织工程脂肪存活的影响[J].中国组织工程研究与临床康复,2008,12(42):8206-8210.

[5] 郑岩,易成刚,郭树忠,等.VEGF基因体外转染大鼠骨髓间充质干细胞的实验研究[J].中国美容医学,2006,15(9):998-1001.

[6] Zheng Y, Yi C, Xia W, et al.Mesenchymal stem cells transduced by vascular endothelial growth factor gene for ischemic random skin flaps[J]. Plast Reconstr Surg, 2008, 121(1):59-69.

[7] Yi C G, Xia W, Zhang L X, et al. VEGF gene therapy for the survival of transplanted fat tissue in nude mice[J].Plast Reconstr Aesthet Surg, 2007, 60(3):272-278.

[8] Lu F, Li J, Gao J, et al.Improvement of the survival of human autologous fat transplantation by using VEGF-transfected adipose-derived stem cells[J]. Plast Reconstr Surg, 2009, 124(5):1437-1446.

[9] Yi C, Pan Y, Zhen Y, et al.Enhancement of viability of fat grafts in nude mice by endothelial progenitor cells[J]. Dermatol Surg, 2006, 32(12):1437-1443.

[10] Eggermann J, Kliche S, Jarmy G, et al.Endothelial progenitor cell culture and differentiation in vitro: a methodological comparison using human umbilical cord blood[J]. Cardiovasc Res, 2003, 58(2):478-486.

[11] Tiwari A, Hamilton G, Seifalian A M, et al. Regarding "isolation of endothelial cells and their progenitor cells from human peripheral blood"[J]. J Vasc Surg, 2002, 35(4):827-828.

[12] Murohara T, Ikeda H, Duan J, et al.Transplanted cord blood-derived endothelial precursor cells augment postnatal neovascularization [J]. J Clin Invest, 2000, 105(11):1527-1536.

[13] Mikroulis D, Papanas N, Maltezos E, et al.Angiogenic growth factors in the treatment of peripheral arterial disease[J]. Curr Vasc Pharmacol, 2007, 5(3):195-209.

[14] Asahara T, Murohara T, Sullivan A, et al.Isolation of putative progenitor endothelial cells for angiogenesis[J]. Science, 1997, 275(5302):964-967.

[15] Cui L, Li F C, Zhang Q, et al. Effect of adenovirus-mediated gene transfection of vascular endothelial growth factor on survival of random flaps in rats[J]. Chin J Traumatol, 2003, 6(4):199-204.

[16] 庄淑波,刘毅.骨髓间充质干细胞在整形外科的应用前景[J].中国美容医学,2006, 15(3):347-349.

[17] Yoshimura K, Shigeura T, Matsumoto D, et al.Characterization of freshly isolated and cultured cells derived from the fatty and fluid portions of liposuction aspirates[J]. J Cell Physiol, 2006, 208(1):64-76.

[18] Yoshimura K, Suga H, Eto H.Adipose-derived stem/progenitor cells: roles in

形体雕塑与脂肪移植外科学

adipose tissue remodeling and potential use for soft tissue augmentation[J]. Regen Med, 2009, 4(2): 265-273.

[19] González A M, Lobocki C, Kelly C P, et al. An alternative method for harvest and processing fat grafts an in vitro study of cell viability and survival[J]. Plast Reconstr Surg, 2007, 120(1): 285-294.

[20] Pu L L. Discussion: improvement of the survival of human autologous fat transplantation by using VEGF-transfected adipose-derived stem cells[J]. Plast Reconstr Surg, 2009, 124(5): 1447-1449.

第十二章
颗粒脂肪组织的低温保存

第一节　概　述

一、颗粒脂肪组织体外冻存的意义

20 世纪 80 年代中期，许多学者发现采用较小的颗粒状脂肪组织注射移植，其成活率明显提高。1986 年，Illouz 提出了脂肪颗粒注射移植理论，随着这一理论的提出及近年来脂肪抽吸术的发展，再次掀起了脂肪移植的高潮。作为一种获得容易、供源充足、具有良好组织相容性的充填材料，脂肪几乎可用于全身各个部位的软组织缺损充填，目前已广泛应用于整形美容外科领域，如面部畸形、凹陷性瘢痕、皱纹、外伤后缺损、眼睑凹陷、吸脂术后皮肤凹陷的治疗，比较具有代表性的是隆乳和面部软组织充填。此外，这一技术还涉及脑科整形、胸科修复重建及骨科预防粘连等众多领域。

尽管随着研究的深入及临床技术的改进，脂肪移植成活率明显提高，但目前其最大问题仍在于脂肪组织的坏死吸收，综合报道认为移植后其体积最终只能维持在 30%～70%，平均为 50%。此外，研究证实在颗粒脂肪组织不同的获取方法中，剪碎法对脂肪细胞损伤最小，传统的注射器吸脂法和负压吸脂法次之，超声吸脂法损伤最重。而剪碎法需手术切取大块脂肪组织，在临床并不适用。进一步对吸脂压力、方法对脂肪细胞损伤程度进行研究后认为，采用传统的 10～20ml 注射器吸脂法对脂肪细胞的损伤较小，适宜于临床移植的需要。该法对脂肪细胞损伤小，操作灵活，临床应用方便，可以在小部位抽脂及少量取脂。

脂肪移植时要做到以下两点：①少量、反复、多次注射；②最大可能地保持细胞活力。这就需要在每次注射前都重复进行吸脂手术。因此有学者提出了脂肪低温保存的概念，其最大的优势在于无须在每次注射前都进行吸脂，对于患者来讲，可避免受多次抽脂的痛苦，亦无须承担较高的风险及费用；对于医师来讲，则大大减少了工作量。寻求一种适宜的脂肪组织体外低温保存方法，做到一次吸脂，多次使用，可以避免重复取材，降低费用，减少劳动量，对临床应用具有重要的价值。

随着再生医学的发展，脂肪源性干细胞（adipose-derived stem cells，ADSCs）由脂肪组织中得到分离、纯化，并能在体外成功地培养及增殖。ADSCs 具有向成脂细胞、软骨细胞及成骨细胞等方向的分化潜能，因此能作为组织工程研究中的种子细胞。许多学者对由吸脂术获取的颗粒脂肪进行冻存及复温后发现，在一定的冻存条件下，这些颗粒脂肪组织经过体外培养仍能获得成熟脂肪细胞及ADSCs。因此，作为可靠的 ADSCs 和脂肪细胞的来源，颗粒脂肪组织冻存又具有了新的意义。

PDG

二、组织和细胞在0℃以下的损伤机制

（一）低温休克

当温度快速下降，如由37～40℃急速下降到0℃以下时，细胞的功能就会有所减退甚至丧失。低温休克对细胞损伤的机制可能是降温速度过快引起的细胞膜功能受损和结构发生断裂。

（二）冷冻对细胞代谢的影响

在低温情况下，化学反应普遍降低，细胞内ATP的合成和消耗速度均下降，而ATP的总浓度在不断下降。此外，细胞内核苷酸的分解多于合成，分解的小分子核苷酸及其分解物流失到细胞外，核苷酸的消耗和流失降低了细胞的恢复和再生能力。

（三）冷冻对细胞膜功能和结构的影响

细胞膜主要由成分不完全相同的脂质分子组成，其间镶有球蛋白和少量糖类。在正常温度时，脂质分子呈液晶状态，具有一定的流动性，这样才能使细胞膜发挥正常的对各种离子有选择性的屏障作用，以维持细胞内环境的稳定性，从而维持细胞的正常功能。当温度下降后，脂质由液晶态转变为凝胶态，细胞膜流动性下降，导致细胞膜功能受到严重影响。由于钾-钠泵、钙泵的活动功能减退，将细胞内的钠、氯、钙离子排出细胞外和将钾摄入细胞内的正常功能出现障碍，使细胞内钠、氯、钙、铁等离子浓度升高，钾浓度降低，破坏了细胞内外的渗透压平衡，使细胞外液的水分转移到细胞内，引起细胞肿胀。细胞内钙离子增高激活了某些蛋白酶、酯酶等降解酶的活性，进一步使细胞的功能和结构发生变化。细胞内铁离子的升高引起氧化还原过程的紊乱，促进氧自由基的生成，加重了细胞的损伤。低温使细胞膜运输葡萄糖功能降低，减少了细胞的能量供应，也降低了储存细胞的活力。

（四）冷冻对细胞其他功能的影响

当温度降低时，细胞内大部分酶的活力均有所减低。低温使细胞内蛋白质的合成受影响，在10℃时蛋白质的合成几乎停止，此时细胞的修复和再生是很困难的。

（五）冰晶的机械性损伤

当水溶液的温度下降到0℃以下时，即由液态转变为固态。在1个大气压的状况下，处于0℃的水不能立即结冰，形成所谓的过冷水，要有晶核出现后才能形成冰晶。由于细胞外液的水分含量比细胞内液高，并且包围于细胞的四周，所以细胞外液中的水分首先开始结晶，在降温速率较快时，冰晶的机械性挤压作用是引起损伤的主要原因，先引起细胞间隙、细胞连接部和细胞膜结构的损伤；随着温度的下降，细胞内液也开始结晶，结晶由小到大，又加重对细胞的损伤。晶核和冰晶的形成和降温的速率有很大的关系，同样的液体，当降温速率慢时，形成数量少体积大的冰晶；而当降温速率加快时，晶核形成较多，但生长受限，形成数量多而体积小的冰晶。在-130～0℃时冰有再结晶的过程，即体积较大的冰晶通过消耗小的冰晶而继续增长，这又进一步加重了对组织的损伤。温度在-50～0℃再结晶的现象最为明显；温度<-130℃以下时，再结晶现象就不明显了。在降温速率较快时，细胞内外冰晶的形成是引起损伤的主要原因。

（六）高渗性损伤

由于细胞外液内的水分子开始形成冰晶，没有形成冰晶的细胞外液逐步变成高渗。高渗液可以引起细胞脱水、细胞皱缩、细胞膜及细胞器结构的改变和破坏，引起细胞功能减退甚至死亡。在降温速率较慢时，这是引起细胞损伤的一个重要原因。

（七）缓冲系统受到破坏，有害物质堆积

细胞外液形成高渗后，缓冲系统受到破坏，pH升高，一些有害物质堆积及有害气体的分压增

高，这些均能加重细胞和组织的损伤。

（八）复温过程对细胞和组织的损伤

经过冷冻的组织，要将其温度恢复到≥0℃，方可应用于临床和其他目的。目前常用的复温方法是将标本浸入恒温36~45℃的水浴内复温，水浴的温度过高，又可能引起细胞或组织的热力损伤。在复温解冻的过程中，组织和细胞的冰晶迅速消失，即压力突然减轻，可再次引起组织和细胞的损伤。在复温速率较慢，尤其是在-40℃左右的温度范围内停留时间较长时，则有明显的再结晶现象，从而进一步导致组织和细胞的损伤。所以在复温时，应尽量缩短在-40~-10℃的停留时间，尽量减轻再结晶对细胞和组织的损伤。

三、颗粒脂肪组织的活力测定方法

颗粒脂肪组织经低温储存并复温后，必须采用一些方法来测定其质量和活力，作为能否用于临床移植的依据。目前常用以下几种方法来进行检测。

（一）台盼蓝排斥实验

台盼蓝（TB）是一种细胞活体组织染色剂，其原理是死细胞的细胞膜结构破坏，引起膜通透性增高，台盼蓝进入细胞内而着色。具体操作方法是：于冻存后取出颗粒脂肪组织复温，将颗粒脂肪置入试管中，加Ⅰ形胶原酶于37℃消化1小时，期间搅拌3~5次。1小时后吸除消化液，再加入一定量PBS液终止消化，将上层细胞悬液用100目滤器过滤，静置1分钟后，吸取上层细胞悬液100μl至试管中，加入0.4%台盼蓝100μl混匀，3分钟后，用细胞计数板计数。镜下观察，死细胞呈淡蓝色，活细胞拒染，于200倍高倍镜下取数个视野计数每100个细胞中死细胞数的平均值，其活力按照公式计算：活力（%）=（100－死细胞总数）/100×100%。该方法简便，但如果细胞染色时间较长，则可以摄取染液而呈现淡蓝色，因而会出现假阳性，误差率较高。

（二）荧光染色法

将冻存后的颗粒脂肪经胶原酶消化后，采用醋酸荧光素（fluorescein diacetate）和碘化丙啶（propidium iodide）进行双荧光染色，这两种物质可以分别染色有活性和无活性的细胞。醋酸荧光素能通过细胞膜，有代谢活性的细胞可以将其水解释放出荧光素分子，而荧光素分子无法透过细胞膜，从而聚集在有活性的细胞内。碘化丙啶则能染色死细胞的细胞核。在荧光显微镜下观察时，活细胞表现为淡绿色，死细胞色泽暗淡而且细胞核染为红色，通过计数可以计算出活细胞的百分率。与台盼蓝染色法相比，该法具有明显优势，但操作较为复杂。

（三）MTT比色试验

MTT比色试验所用的显色剂四唑盐是一种能接受氢原子的染料，商品名是噻唑蓝，简称MTT。活细胞线粒体中的琥珀酸脱氢酶能使外源性的MTT还原为难溶性的蓝紫色结晶物并沉积在细胞中，而死细胞无此功能。二甲基亚砜（DMSO）能溶解细胞中的紫色结晶物，用酶联免疫检测仪在550~600nm波长处测定其光吸收值，可间接反映活细胞的数量。在一定细胞数范围内，MTT结晶物形成的量与细胞数成正比。

测定时将脂肪颗粒用胶原酶消化为细胞悬液，以10^4细胞数接种于96孔培养板中，每孔体积200μl，一定时间后，加入0.5%MTT溶液孵育4小时，离心后弃去液体，每孔加入150μl DMSO，振荡5~10分钟，使结晶物充分溶解后测定各孔光吸收值。以新鲜脂肪吸收值为100%，冻存后脂肪细胞吸收值与其比较可获得细胞活力百分率。该法简单经济，但由于脂肪细胞悬浮生长，操作过程中易造成细胞丢失，DMSO溶解过程掌握不准也易于造成实验误差，因此该法并不十分精确。

（四）CCK 法测定细胞活力

CCK 法的原理为试剂中含有 WST-8，化学名称为 2-(2-甲氧基-4-硝基苯基)-3-(4-硝基苯基)-5-(2,4-二磺酸苯)-2H-四唑单钠盐，它在电子载体 1-甲氧基酚嗪硫酸二甲酯（PMS）的作用下被细胞中的脱氢酶还原为具有高度水溶性的黄色甲臜染料（formazan dye），后者生成的甲臜物的数量与活细胞的数量成正比，因此可利用这一特性直接进行细胞光吸收值的测定。

其操作方法和 MTT 法大致相同，但少了添加有机溶剂和溶解的过程。颗粒脂肪消化为细胞悬液后，以 10^4 细胞数接种于 96 孔培养板中，每孔体积 100μl，加入 10μl CCK-8 后在 37℃条件下孵育 4 小时，然后在 450nm 波长处测定光吸收值。同样以新鲜脂肪光吸收值为 100%，冻存后脂肪细胞光吸收值与其比较获得细胞活力百分率比值。

该法中还原后的黄色甲臜染料是水溶性的，与 MTT 法相比，步骤要简单许多，因此减小了实验误差，所得的结果比较准确。

（五）肌酸激酶测定法

肌酸激酶（CK）是脂肪组织能量代谢的关键酶，它在肌酸和磷酸肌酸、ADP 和 ATP 之间进行的高能磷酸键的可逆性转移过程中起到催化作用，细胞膜破裂后该酶从胞浆中释出，因此测定酶浓度可以代表脂肪组织活力。

其测定原理如下：

$$\text{磷酸肌酸}+\text{ADP}\xrightarrow{\text{肌酸激酶}}\text{肌酸}+\text{ATP}$$

$$\text{ATP}+\text{葡萄糖}\xrightarrow{\text{己糖激酶}}\text{葡萄糖-6-磷酸}+\text{ADP}$$

$$\text{葡萄糖-6-磷酸}+\text{NAD}^+\xrightarrow{\text{葡萄糖-6-磷酸脱氢酶}}\text{6-磷酸葡萄糖酸}+\text{NADH}+\text{H}^+$$

葡萄糖-6-磷酸脱氢酶催化 NAD^+ 到 NADH 的还原反应，引起 340nm 处光吸收值的上升，因此检测 NADH 的生成速率即可代表肌酸激酶的活力值。测定时首先要测出新鲜脂肪颗粒的活力值，将其作为标准对照，冻存后的脂肪活性与该植相对比，可以计算出冻存后脂肪颗粒的相对活力。

具体操作方法为：于离心管中加入生理盐水和新鲜脂肪颗粒，倒入组织研磨器中，在 0℃下破碎细胞，用 1250*g* 离心 2 分钟，离心后上层为脂滴，下层为细胞碎片，肌酸激酶位于中层液。吸取中层液，于 37℃条件下加入肌酸激酶测试液，分别于 2 分钟及 3 分钟时测定 OD 值 A_1 及 A_2。其酶活力可以用 $\triangle A$ 表示（$\triangle A=A_2-A_1$），测定多个样本后计算平均值 $\triangle A_0$ 作为对照组的值。冻存后脂肪颗粒肌酸激酶活力测定方法相同，其酶活力可以 $\triangle Ax$ 表示（$\triangle Ax=A_2-A_1$）。以对照值为 100%，冷冻后脂肪组织活力百分率（%）$=\triangle Ax/\triangle A_0\times100\%$。该方法较为精确，是测定脂肪活力的一种较为理想的方法，现有商品化的肌酸激酶试剂盒使得该方法简便易用。

（六）甘油-3-磷酸脱氢酶测定法

该法与肌酸激酶测定法的原理基本相同。在成熟脂肪细胞的胞浆内存在丰富的 NAD 依赖的 38kDa 的甘油-3-磷酸脱氢酶的同工酶（G3PDH）；然而在其他细胞存在较多的 75kD 的 FAD 依赖的线粒体同工酶，G3PDH 存在较少，由此可以通过检测脂肪细胞内外的 G3PDH 活性来判断脂肪颗粒组织冻存后的活力。细胞外液中存在 G3PDH 可视为细胞损伤后漏出，在此情况下，G3PDH 浓度越高表明细胞活力越低。这种 G3PDH 测试方法具有良好的敏感性和特异性，现也有商品化的试剂盒可供使用。

（七）组织移植法

由于该法测定时需要切取成活的移植物，故只能用于动物实验。目前常见的方法为切取猪的脂肪进行自体移植至猪耳背下或取抽脂后人的脂肪移植于裸鼠头皮下，这些部位并无脂肪组织，因此可确定成活移植物来自于移植脂肪。以猪为例，具体实验方法为：切取猪脂肪后剪为 $1mm^3$ 大小的脂肪颗粒，用粗针头将新鲜及冻存一定时间后的脂肪颗粒注入猪耳背侧皮肤下。注射时用一消毒铁环压在注射部位，使颗粒脂肪注射到固定范围的皮下区域内，每点注射量为 1ml。于移植后一定时间切取移植物并测量其体积，其移植成活率(%)＝移植物体积 /1.0ml×100%，用新鲜脂肪颗粒移植后成活物体积作为对照进行比较。此外，还可以对移植物进行重量测定。

目前观点认为，脂肪颗粒移植后 2 个月内体积变化最为显著，此时移植后细胞已逐渐分化为成熟脂肪细胞，细胞内可见脂滴，故可于移植后 8 周切取移植物进行测定。

（八）苏木精伊红染色和苏丹黑染色

苏木精伊红染色(HE)是组织切片最基本和常用的染色方法，该染色下，脂滴被酒精和二甲苯等溶解呈空泡状。苏丹黑(SB)是脂溶性染料，可使脂类物质染成黑色。这两种染色可呈现细胞形态，故通过观察脂肪细胞的形态学变化，如细胞膜和脂滴破坏、细胞核碎裂、细胞萎缩等可判断细胞活性；通过对形态完整的细胞计数，可计算活性细胞所占比率。但由于该法仅能通过观察细胞受损的形态学表现来推测其活性，显得主观而不确切，因此多用于颗粒脂肪移植后成活的移植物评价。

（九）葡萄糖转移法

葡萄糖转移法可直接对颗粒脂肪进行活性测定。取 5ml 颗粒脂肪标本，于其中加 10ml 含糖无血清 DMEM 及 1U 胰岛素，同时设置一空白标本（只含胰岛素和 DMEM，不含脂肪颗粒）。将标本摇匀后置入 35℃、5%CO_2 恒温箱孵育，1 小时后取出，用生化分析仪测定 DMEM 中的葡萄糖浓度。以空白标本的 DMEM 葡萄糖浓度均值作为基础浓度，基础浓度与实验标本的浓度差值即表示标本的葡萄糖转移量。葡萄糖转移量代表脂肪颗粒的活性，转移量越高则活性越高。该方法可以直接对新鲜脂肪颗粒及冻存后复温的脂肪颗粒进行检测，步骤简单，具有良好的精确性，不失为一种较好的检测脂肪颗粒活性的方法 。

（十）细胞培养法

将冻存后的脂肪颗粒组织经复温和胶原酶消化后，接种至含有 DMEM：HF12 培养液的培养瓶内，培养瓶内的培养液须加满。由于成熟的脂肪细胞漂浮在培养液中，因此有活力的细胞能附着在培养瓶的上表面，而 ADSCs 则沉降并附着在培养瓶的底面。1～2 周后即可以对附着并生长在两个表面的细胞进行观察。该方法能通过观察是否存在有附着的成熟脂肪细胞和 ADSCs 来判断冻存脂肪的活力，此外还可以通过计算增殖的细胞数来进行比较。

第二节　低温保护剂以及颗粒脂肪组织的冻存方法

一、低温保护剂

1949 年英国女生物学家 Polge 偶然将甘油滴入鸡精子，发现此鸡精子冷冻后仍具有较高的活力，此后低温保护剂得到深入研究，其在生物组织和细胞冻存中所起到的保护作用得到认可。最早

进行脂肪组织冻存研究时，仅将脂肪组织与生理盐混合后冻存，复温后发现细胞形态发生明显的损伤性改变，细胞活力受到严重影响，冻存后的脂肪组织不能再次使用。此后低温保护剂在脂肪冻存中的应用逐渐受到重视。

（一）低温保护剂的分类

1. 渗透性保护剂　渗透性保护剂主要为小分子物质，具有良好的水溶性，能在较短时间内透过毛细胞血管膜，到达组织间隙及细胞间隙，再透过细胞膜，迅速进入细胞内各细胞器中发挥抗冻效果。渗透性保护剂可以将水分子交换到细胞外，起到脱水的作用，减少或避免细胞内冰晶的形成；复温时能促进细胞外水分子进入细胞内，起到渗透压缓冲剂的作用，保护细胞不受渗透性损伤的危害。主要的渗透性保护剂有二甲基亚砜（DMSO）、甘油（GL）、乙二醇（EG）、1，2-丙二醇（1，2-PD）、丙三醇（glycerol）等。常用的渗透性低温保护剂中乙二醇毒性最低，其次是二甲基亚砜。

2. 非渗透性保护剂　非渗透性保护剂分子量较大，不能进入细胞内，主要作用为提高细胞外的渗透压，促进细胞的脱水，减少细胞内冰晶的形成，并通过起到稳定细胞膜的机制来达到冷冻保护效果。常用的非渗透性保护剂有羟乙基淀粉（HES）、蔗糖（sucrose）、海藻糖（trehalose）、聚蔗糖（ficoll）、聚乙二醇（PEG）、聚维酮（PVP）、甲基纤维素（methyl cellulose）等。

（二）低温保护剂的作用机制

低温保护剂详细的作用机制主要有以下几个方面：

1. 能减低冰晶形成的速度，使冰晶形成小颗粒，甚至引起细胞内外水的玻璃样变化，从而减轻了对细胞的压力和损伤。

2. 具有表面活性作用和稳定大分子的能力，能稳定冷冻后蛋白质分子中的重要功能基团和溶解度、结构及反应性，降低细胞膜脂质的相变温度，增加了细胞膜对低温、渗透压改变和细胞皱缩的耐受性。

3. 能降低细胞外尚未冻结成冰的溶液中溶质的浓度，减轻细胞脱水。

4. 能提高细胞外液的黏度，减轻细胞内水分外流引起的细胞皱缩。

5. 低温保护剂透过细胞膜进入细胞内后，降低了细胞内容物的冰点，推迟了冰晶的形成。

6. 能保住水分，并可减轻因细胞外液高渗引起细胞内脱水带来的损伤。

7. 能减少冷冻后细胞内 pH 的改变，减少钙离子向细胞内流动，减少钾离子由细胞内流向细胞外。

8. 能使组织和细胞在复温过程中比较平衡，减轻压力骤然改变和渗透压改变引起的一系列损伤。

9. 某些低温保护剂如 DMSO 是氧自由基的清除剂。

（三）低温保护剂的毒性

低温保护剂对于生物组织和细胞具有低温保护作用，但也有一定的毒性，其毒性的作用机制可能是：①通过细胞膜引起的渗透性损伤（物理性损伤）。不同的低温保护剂其分子质量、黏度及所带电荷不同，因而引起的渗透性损伤程度也不同，而其中浓度又是主导因素，低温保护剂的毒性随浓度升高而加大。②与蛋白质和脂膜结合，使之变性（化学性损伤）。如甘油在保护浓度时可影响 α-氨基异酪氨酸的运转；高浓度的 DMSO 可增加膜的通透性并激活溶酶体，致溶酶体酶释放。同时研究还发现，低温保护剂中造成损害的因素可在深低温下受到抑制，当低温保护剂达到能完全抑制冰晶形成时，对生物系统不起损害作用，这说明了低温保护剂对组织保存的双重作用。

因此，寻求既能取得良好的冻存效果，又要达到对人体无毒害作用的低温保护剂是目前颗粒脂肪冻存研究的主要方向。由于非渗透性保护剂没有明显的细胞毒性，因此对于此类保护剂的研

究越来越多。颗粒脂肪冻存的目的之一就是安全地用于再次注射移植，冻存复温后必须进行洗涤，从组织悬液中去除低温保护剂，至于洗涤后能否完全去除低温保护剂，如果有残留量是否能安全地用于再次注射，目前尚缺乏研究，这也是妨碍冻存后颗粒脂肪临床应用的主要原因。

二、颗粒脂肪组织的储存条件

目前常用的冷冻储存条件主要有以下几种。

（一）普通冰箱冷冻室（-20～-16℃）

普通家用冰箱市场上即可购得，保存方法简便，冷冻室温度可以达到-20～-16℃，因此该储存方法简便，所需费用较低，在任何医疗单位都可开展，但缺点是仅能在较短时间内维持组织一定的活力。

（二）深低温冰箱（-80～-70℃）

深低温冰箱所需设备价格较高，受电源影响大，但维持费用不高，可以在相对较长时间内保持较高的组织活力。

（三）液氮储存（-196℃）

在-196℃环境下，组织和细胞内多种酶的活力及代谢近乎于零，即处于所谓的生命悬滞状态。因此，在此温度下组织和细胞理论上可以无限期储存。其所需设备相对于深低温冰箱便宜，且不受供电影响；但因液氮挥发，需及时补充，维持费用昂贵，所需技术较为复杂，难以广泛开展。但近年来随着冷冻技术的研究，液氮储存技术已大大简化。

三、颗粒脂肪的冻存方法

颗粒脂肪的冻存方法主要有程序化慢速降温法和玻璃化保存法，用这两种方法冻存的脂肪组织都能保存较好的活力。也有将颗粒脂肪直接置入相应温度条件下冻存的研究，但结果表明对细胞损伤较大。

1 程序化慢速降温法　精确慢速降温法需利用程序降温仪，从室温开始以 1～2℃/min 降至-30℃，然后放到液氮中（-196℃）冻存。也有降至-30℃时，改为以 5～7℃/min 降至-80℃，再转入液氮中保存。这种方法操作过程较为复杂，而且需要使用可控降温仪，因此应用受到一定的限制。现用简化的方法来冻存颗粒脂肪，即 4℃降温 1 小时，-20℃降温 2 小时，然后转入深低温冰箱（-80℃）过夜（12～24 小时），最后在此温度保存或再转入液氮中，其效果相当于精确降温法。

2 玻璃化冻存法　玻璃化冻存是从 1984 年发展起来的一种快速冷冻方法，是指将高浓度冷冻保护剂保护下的细胞和组织以尽可能快的速率降温冷冻。所谓玻璃化，是指当水或溶液在快速降温到达或低于-110～-100℃的温度范围时，形成一种具有高黏度的、介于液态和固态之间的、非晶状体样透明的玻璃状态，它虽不能像液态那样流动，但却可以像晶状体一样保持自己的形态。在该种冻存条件下，由于降温速度极快，细胞内外溶液中的水分子还来不及结晶就快速固化，形成无结构的玻璃态，从而避免了细胞内外产生冰晶对细胞的物理损伤。此外，在这种高黏度状态下，分子的运动受到了高度抑制，物质的结构、成分可长期保持稳定不变。该技术的关键是使用高浓度的低温保护剂以及尽可能快地降温速率。

该方法的最大缺点是高浓度的低温保护剂对细胞和组织有毒性，因此针对不同的细胞和组织需要筛选出适合的玻璃化溶液配方。实现快速降温主要是通过减小冷冻保护剂的体积，采用能扩大组织和细胞与液氮直接接触面积的方法。在冻存少量的颗粒脂肪时，可以选用冻存管；冻存量较大时，可以将颗粒脂肪装入特制的无菌塑料袋中铺为薄层后密封，冻存时在每层塑料袋之间隔一

定间隙放置塑料吸管，以保证液氮可以迅速进入到吸管和间隙内，达到快速降温的目的。

第三节 低温保护剂的筛选和颗粒脂肪组织冻存后的活力测定及移植研究

一、低温保护剂的筛选

低温保护剂对生物组织和细胞均有一定的毒性作用，非渗透性保护剂虽然没有明显的细胞毒性，但细胞长时间暴露于高浓度的此类化合物中，对细胞的正常生理代谢将会造成影响。不同物种、不同组织和细胞对低温保护剂的反应不完全相同，其毒性对细胞的损害程度受到作用时间以及温度的影响。在冻存时需对低温保护剂的种类、组合以及浓度加以筛选，才能取得最好的效果。

冷冻和复温是脂肪细胞活力损伤的两个主要时相，而冻存时间的长短则影响相对较小，特别是在温度较低的条件下，比如在液氮中（-196℃）储存时，此时细胞代谢近乎为零，理论上可以无限期储存，因此，冻存后 24 小时将颗粒脂肪组织取出复温后测定细胞活力即可进行低温保护剂的筛选。

笔者在参考不同生物组织和细胞冻存时所常用的低温保护剂进行设计，以期选出颗粒脂肪组织在不同温度条件下冻存时较为适宜的低温保护剂。实验中所选的低温保护剂为二甲基亚砜（DMSO）、1，2-丙二醇（1，2-PD）和聚乙二醇 6000（PEG6000），其浓度按冷冻温度负值的增加而相应升高，同时在每一种冻存条件下加入生理盐液组作为比较。储存温度分为-16℃组（普通家用冰箱）、-80℃组（深低温冰箱）和-196℃组（液氮）。冻存时采用一步法，即将颗粒脂肪加入含等体积低温保护剂的冻存管中，0℃降温 15 分钟后，直接置入相应条件下保存，这样既能使低温保护剂充分进入组织细胞内发挥其保护作用，又能简化操作。冻存 24 小时后，立即置入 37℃水浴中解冻 5 分钟，随后吸除低温保护剂，以生理盐水洗涤。活力测定采用激酸肌酶法，实验时首先测出新鲜脂肪肌酸激酶活力作为对照。研究结果表明，-196℃组以 15%二甲基亚砜和 6%丙二醇为低温保护剂时活力最佳，达到储存前的 75%；-80℃组以 15%二甲基亚砜为低温保护剂时活力最佳，达到 66%；-16℃组以 5%二甲基亚砜、3%丙二醇和 1%聚乙二醇为低温保存剂时活力最高，但也仅达到 46%。由此可以看出，液氮冷冻效果优于深低温冰箱及普通冰箱，其中-196℃组在高浓度的低温保护剂及较快的降温速率下，细胞内液体在冷冻时可形成细小而均匀的冰晶，达到玻璃化储存条件，因而对脂肪细胞损伤小，较好地保持了细胞活力。在-16℃温度下，细胞冻存时会形成粗大的树枝状结晶，造成对细胞的损伤，因此冻存 24 小时后活力已不足 50%。在-80℃条件下虽未能达到玻璃化储存的程度，也较好地保持了细胞的活力。而未使用低温保护剂，仅以生理盐液冻存的颗粒脂肪，其活性均较低，说明在不同温度下选择适宜的低温保护剂能明显提高冻存脂肪组织的活力。

二、颗粒脂肪组织冻存不同时间后活力测定及移植成活率的研究

颗粒脂肪组织在冻存和复温后能保持一定的活力，防冻保护剂的作用也得以肯定，但颗粒脂肪组织能冷冻储存多久而不丧失其活力以及冷冻脂肪与新鲜脂肪移植成活后体积有无差别有待于进一步研究。

笔者采用上述方法筛选出的低温保护剂在相应的温度条件下冻存脂肪颗粒，分别于 2 周、4 周

及8周后取出复温，采用肌酸激酶法和台盼蓝染色法进行活力测定。同时采用移植法，将颗粒脂肪注入猪耳背侧皮肤下约1.5cm×1.5cm的区域，每点注射1ml，于移植后7周切取移植物测量其体积，并对移植物进行苏丹3染色进行观察，以新鲜颗粒脂肪移植后体积作为对照，移植成活率(%)＝移植物体积/1.0ml×100%。

肌酸激酶活力测定结果表明，-16℃条件下颗粒脂肪冻存2周后活力已不足新鲜颗粒脂肪的50%(41.0±6.6)%，8周后活力仅为(24.1±4.4)%，表现为进行性下降的趋势，各时间点差别比较有统计学意义。-80℃条件下冻存2周后活力为(65.7±5.2)%，8周后为(60.2±6.4)%。-196℃条件下冻存2周后活力为(72.5±8.7)%，8周后为(71.9±7.7)%。后两组较好地保持了脂肪组织的活力，而且各时间点差别比较无统计学意义。

台盼蓝活细胞拒染率在-16℃冻存2周后为82.8%，4周后为78.0%，8周后为70.6%，各时间点比较有统计学意义，表现为进行性下降趋势。-80℃组冻存8周后活细胞拒染率为90.3%，-196℃组冻存8周后为93.2%，该两组各时间点活细胞拒染率比较无统计学意义。

新鲜颗粒脂肪移植后移植物成活率为55.5%。-80℃组和-196℃组冻存颗粒脂肪移植成活率略低，但均在50%以上，与对照组体积相比其差别无统计学意义。而-16℃组冻存2周后颗粒脂肪移植成活率为45.7%，与对照组相比有统计学意义。

切取移植物时观察猪耳背下无脂肪组织，移植物与周围组织界限清楚，外有一层完整包膜，易于剥离。移植物切面为实质性，呈灰黄色。-16℃组移植物与其他组移植物相比质地较硬。移植物切片苏丹3染色镜下观察脂肪细胞呈橙红色，细胞核染为蓝色。-16℃组移植物镜下观察以炎性表现为主，见有大量淋巴细胞及巨噬细胞，血管增殖，成纤维细胞及纤维组织增生，脂肪组织坏死及囊腔和空泡，完整的脂肪细胞少见。新鲜颗粒脂肪组、-80℃组和-196℃组移植物镜下观察除炎性表现外，可见较多的脂肪细胞，成团状或散在分布。

三、结果分析

该研究中所应用的是以二甲基亚砜为主的渗透性低温保护剂，在0℃平衡15分钟后，DMSO即可透过细胞膜到达细胞内各细胞器中发挥其抗冻效果。液氮组选用的低温保护剂为15%二甲基亚砜和6%丙二醇，采用一步法降温，即经冻存液预处理后，直接置入液氮中冻存，在高浓度的低温保护剂和较快的降温速率条件下，可以达到玻璃化储存的程度，细胞内酶的活力及代谢很低甚至接近于零，因此取得了良好的冻存效果。-80℃条件下虽不能达到玻璃化储存的条件，但在此温度下细胞内各种酶的活力及代谢明显降低，因而也能在较长时期内保持较好的活力。而在-16℃温度下，除细胞冻存及复温过程中造成对细胞的损伤外，冻存的细胞仍有部分代谢进行，导致细胞缺氧、代谢紊乱、上皮水肿，细胞活力逐渐减退，最后失活而死亡。

与新鲜脂肪相比，-196℃组冻存8周后用肌酸激酶法测定其活力在70%以上，-80℃组冻存8周后活力在60%以上，因此在这两种温度条件下，短期储存具有可行性，可满足临床多数条件下重复注射的需求。在温度较低的情况下，冻存时损伤的关键过程在于冷冻和复温两个时相，而不是冻存时间的长短。从研究结果来看，-196℃组和-80℃组在冻存2周、4周、8周后，其各时间点活力比较无统计学意义，从而有理由认为在这两种温度条件下脂肪组织可储存更长的时间而不丧失其活性。而在普通家用冰箱条件下(-16℃)，脂肪组织活力表现为进行性下降的趋势，冻存2周后其活力为新鲜脂肪组织的41%，4周后为33%，8周后仅为24%，表明这种条件下冻存的颗粒脂肪不适宜用于再次注射移植。

台盼蓝染色法的原理是死细胞的细胞膜结构破坏，引起膜通透性增高，台盼蓝染液进入细胞

内而着色。本研究中，台盼蓝活细胞拒染率均较高，-196℃组及-80℃组在90%左右，随时间延长其比较无统计学意义。-16℃组冻存2周后，其活细胞拒染率为82%，4周后为78%，8周后为70%，也表现出随时间延长而下降的趋势，各时间点比较有统计学意义。但需要指出的是，台盼蓝染色法与染色时间及细胞本身的摄取能力有关，而且在镜下观察计数，其结果也往往会受到实验者主观判断的影响，一般认为误差率可以达到30%。因此，台盼蓝染色法有时并不能准确反映细胞的实际活力，相比之下，肌酸激酶作为脂肪组织能量代谢的关键酶，以其活性来判断脂肪细胞活力较为可信。

目前的观点认为，颗粒脂肪移植后2个月内体积变化最为显著，此时移植后细胞已逐渐分化为成熟脂肪细胞，细胞内可见明显脂滴。本实验于移植后7周切取移植物，观察新鲜颗粒脂肪移植成活率为56%，-196℃组和-80℃组移植成活率均在50%以上，各时间点成活率与新鲜脂肪移植相比无统计学意义。-16℃组颗粒脂肪冻存2周后移植成活率为46%，冻存4周后为41%，冻存8周后为40%，与新鲜脂肪移植成活率比较均有统计学意义。

从移植物苏丹3染色切片来看，-16℃组移植物以炎性表现为主，见有大量淋巴细胞及巨噬细胞，并有血管增殖、成纤维细胞及纤维组织增生、脂肪组织坏死及囊腔和空泡，仅有个别散在成活的脂肪细胞。而-196℃组和-80℃组除炎性表现外，各组中均可见大量成活的脂肪细胞，特别是-196℃组冻存后的移植物，其镜下表现与新鲜颗粒脂肪移植物没有明显区别。

由此我们可以得出结论，使用低温保护剂能对冻存的颗粒脂肪组织起到明显的保护作用，不同冻存条件下其最适宜的低温保护剂各异，使用前需按不同的组合、不同的浓度进行筛选。液氮（-196℃）和深低温冰箱（-80℃）条件下冻存的颗粒脂肪可以在一定时期内保持良好的活力，在这两种条件下，冻存时间的长短对细胞的活力影响较小，适用于多数情况下临床重复移植的需求。而普通家用冰箱（-16℃）冻存的颗粒脂肪其活力受到明显的影响，且表现为随冻存时间延长活力逐渐降低的趋势，尽管研究表明在该条件下冻存的颗粒脂肪移植后仍能维持一定的体积，但移植物内几乎没有成活的脂肪细胞，因此仅能起到软组织充填剂的作用，其继发的纤维化改变有可能作为充填基质而起到塑形作用，用这种失活的组织进行注射移植，可能会导致移植物硬化、脂肪液化坏死、囊腔形成以及感染等并发症发生率增加，因此在该种条件下冻存的颗粒脂肪不能用于再次重复移植。

虽然笔者的研究证实了颗粒脂肪在液氮和深低温冰箱中冻存的可行性以及普通家用冰箱条件下冻存的脂肪不能再次使用，但该研究存在以下几个问题：①低温保护剂的筛选只是根据不同生物组织和细胞冻存时常用的低温保护剂来设计的，未针对脂肪颗粒组织进行大规模的筛选，也未按照严格的浓度梯度来分组，因而可能未达到最佳保护效果。②所用的低温保护剂以有毒性的DMSO为主，在冻存脂肪复温洗涤后能否完全去除低温保护剂，细胞内是否存有一定的残留量，能否安全用于人体的再次移植，尚待于进一步的研究。

第四节 颗粒脂肪组织低温保存的研究进展

一、颗粒脂肪冻存概念的提出及早期研究

自体脂肪移植在美容和整形外科中占有重要地位，可以用于面部、乳房、手部及身体多个部位的软组织充填。随着抽脂术的发展，这种充填材料也变得易于获取，由于脂肪含量丰富，有良好的容性，而且可以重复注射，近年来的应用越来越广泛。但是脂肪移植最主要的问题在于其远期的吸收率，有报道称最高可以达到 70%，因此往往需要重复注射，这就会导致患者对这一治疗方法的排斥，要花费更高的费用，同时也带来更多的风险。长期以来，脂肪移植都是在吸脂后即刻进行的，而多余的颗粒脂肪通常被丢弃。由此，一些学者开始设想将吸脂术中所获得颗粒脂肪冻存，以便能重复使用。

Fournier 于 1990 年就提出了冷冻法保存脂肪组织的可能性，他认为冷冻脂肪移植后与新鲜脂肪移植取得的结果并无差异，但在文中并未提及相关实验及临床病例。Shoshani 等（2001 年）用 20ml 注射器抽吸所获得的人颗粒脂肪组织，经离心去除油脂、血液和细胞碎片后，将纯化的颗粒脂肪存于家用冰箱(-18℃)两周，室温下 1 小时自然解冻后，取 1ml 注射到裸鼠头皮下，对照组注射新鲜脂肪。15 周后切取移植物，两组在体积和重量上未发现明显差别。同时对移植物进行组织学观察(HE 染色)，按照是否存在完整的有核脂肪细胞、囊腔和空泡、炎症细胞及纤维结缔组织，分为 0～5 个等级进行评估，认为两组组织学差异也不显著。作者还同时指出，对于细胞活力，冻存时最关键的过程在于冷冻和复温两个时相，而不是冻存时间的长短，因而有理由认为脂肪组织可以冻存更长的时间。Narins(2003 年)分别将 10 名患者的脂肪冻存 12 个月和 24 个月，对所有样本进行培养后，未发现细菌生长，表明长期冻存的脂肪组织可以安全使用而不会引起感染。MacRae(2004 年)将脂肪组织在 0℃下冻存 8 天，用 MTT 法测定脂肪活力，发现冷冻脂肪并未对细胞造成明显的损伤。他的进一步研究发现，与在 32℃孵育箱内的脂肪细胞相比较，冷冻后的脂肪细胞惊人地保持了粒体代谢活性，从而提出脂肪可以体外冻存，并可能因此建立脂肪库。Ullmann(2004 年)将吸脂后的脂肪离心后，取纯化的中层颗粒脂肪冻存于-18℃条件下 7 个月，复温后注入裸鼠头皮下，对照组注入新鲜脂肪，于移植 15 周后切取移植物，进行体积、重量及组织学特征比较。研究发现移植物均成活，但实验组移植物 HE 染色镜下观察，其组织学特征明显差于对照组(新鲜脂肪)。两组重量也明显存在差别，实验组体积与对照组相比略低，但差别并不显著，没有统计学意义，因此建议不要使用冷冻超过 7 个月的脂肪。

上述早期的研究证实了脂肪组织在体外冻存的可行性，但检测的方法仅以移植物成活后的重量、体积和组织学观察为主，温度多在-20～0℃之间。虽然冻存后的脂肪组织能够维持一定的体积，但并未表明冻存后的脂肪组织是否具有生命力，因而有可能仅仅是起到软组织充填剂的作用。Lidagoster(2000 年)的研究证实了这一点，他将鼠脂肪组织分别予以冷藏(1℃)和冷冻(-16℃)，1 周及 2 周后移植于皮下，分别于移植后 5 周和 8 周切取移植物，行 HE 染色进行组织学观察。与新鲜脂肪移植的对照组相比较，实验组明显表现为脂肪坏死，组织细胞液化、纤维化及炎症表现，认为尽管这种继发的纤维化改变有可能作为充填基质而起到塑形作用，在这两种温度下储存的脂

PDG

肪不能用于临床移植。研究同时还发现冷冻的效果优于冷藏，随时间的延长脂肪移植效果越来越差。

二、低温保护剂的使用及脂肪冻存的研究

低温保护剂(cryoprotective agent，CPA)的使用在早期的研究中并未受到关注，而此时低温保护剂已广泛用于其他组织如皮肤、胚胎、卵母细胞等的冻存，其保护作用已得到肯定。Pu 等(2004年)在研究中开始使用 CPA。在采用传统的注射器吸脂法获取脂肪后，离心收集中层脂肪颗粒，样本随机分为三组，对照组为新鲜脂肪，实验 1 组为液氮直接冻存，实验 2 组为联合应用二甲基亚砜(DMSO)和海藻糖作为 CPA 液氮冻存。由于液氮中细胞代谢近乎为零，作者认为在液氮中冻存 1 小时后即可视为长期冻存。冻融方法采用控制慢速降温(1～2℃/min 由室温降到-30℃，平衡 10 分钟后转入液氮中)和 40℃水浴快速复温。通过细胞计数、G3PDH 测定和组织学观察进行测定。研究结果表明，实验 2 组与实验 1 组相比，有活力的脂肪细胞数量和细胞功能有明显优势。采用 DMSO 和海藻糖保存的颗粒脂肪测定结果虽然与新鲜脂肪相比略有差距，但不失为一种脂肪长期保存的理想方法。由于渗透性 CPA DMSO 具有一定的毒性，而非渗透性 CPA 海藻糖则没有明显的细胞毒性，Pu 等(2005 年)将海藻糖作为唯一的 CPA 进行了研究，将传统吸脂法获得的颗粒脂肪分为分为新鲜脂肪组、未使用 CPA 组和以海藻糖为 CPA 组。测定方法同上，结果表明，与未使用 CPA 组相比，以海藻糖为 CPA 组有着更多有活力的细胞和更好的细胞功能，但相对新鲜脂肪组略差。由此说明只用海藻糖作为 CPA 也能取得良好的长期冻存效果。在随后的体内实验研究中(2006 年)，他们将冻存后的脂肪注射到裸鼠头皮下，16 周后切取移植物，观察最终体积、重量及组织学特征。含有 CPA 的冻存组其移植物在体积、重量和脂肪组织结构方面与无 CPA 冻存组相比都具有明显的优势，但与新鲜脂肪组相比仍有一定差距。

Wolter 等(2005 年)的研究再次证实了 CPA 在脂肪组织冻存中的作用。他们将由传统吸脂法获得的颗粒脂肪组织添加不同的 CPA 后，在-20℃和-80℃下分别冻存，最长时间为 30 天，通过细胞染色、MTT 和 XTT 试验测定细胞代谢活性，测定细胞外 G3PDH 评估细胞稳定性的方法来进行研究。在-20℃下，添加 CPA 的脂肪组织冻存后能保持 54%的代谢活性，而不含 CPA 的脂肪组织代谢活性丧失达到 92.7%；在-80℃下虽然也能观察到较多的细胞受到破坏，但存活的细胞有着较高的活性。这一结果即说明了使用 CPA 能提高脂肪细胞的存活率，也表明以往将脂肪组织简单地保存在普通冰箱内的方法并不可取，再次注射的只是没有活力的组织。

Cui 等（2007 年）以 0.5mol/L DMSO 和 0.2mol/L 海藻糖作为 CPA 联合应用，采用缓慢降温(1～2℃/min 降至-30℃，放入-196℃液氮冻存)和快速复温(40℃水浴，平均 35℃/min)处理脂肪组织。实验分新鲜脂肪组、无 CPA 组和含 CPA 组。体外研究发现，含 CPA 组中有活力的完整脂肪细胞明显高于无 CPA 组(分别为$(2.06\pm0.54)\times10^6$/ml 和$(1.07\pm0.41)\times10^6$/ml，$P<0.0011$)，与新鲜脂肪组相比略低(分别为$(2.06\pm0.54)\times10^6$/ml 和$(2.57\pm0.56\times)10^6$/ml，$P=0.083$)。体内研究则是将冻存后的脂肪注入裸鼠头皮下，4 个月后切取移植物，测量体积与重量，移植后注入的脂肪组织均出现了不同程度的吸收，但含 CPA 组与无 CPA 组相比更好地维持了重量和体积。组织学检查发现，无 CPA 组镜下可以观察到大量组织纤维化，含 CPA 组则能见到相当部分保持良好的脂肪组织和少量组织纤维化表现。作者认为通过联合应用 0.5M DMSO 和 0.2M 海藻糖作为 CPA，加上慢冻快溶的方法可以用于人脂肪组织的长期冻存。Cui(2009)继续对海藻糖作了深入的研究，他将海藻糖分为不同的浓度(分别为 0.20、0.25、0.30、0.35、0.40、0.50、0.75mol/L)加入到脂肪组织中，慢速降温后冻存在液氮中，用 37℃水浴快速复温。通过细胞计数发现，当海藻糖浓度为 0.35 mol/L 时，冻

存的脂肪组织中有活力的细胞最多，并且与新鲜脂肪组相比无统计学意义。测定细胞内 G3PDH 的结果则表明各冻存组的酶活力与新鲜脂肪组均无差别。大多数冻存组组织学观察都可见到脂肪的基本结构。其得出的结论为，以 0.35 mol/L 浓度的海藻糖为 CPA 能对颗粒脂肪的冻存起到理想的保护作用。在随后的研究中(2010 年)，他们采用上面的研究结果进行了体内试验，实验分为三组，一组 CPA 为 0.5mol/L 的 DMSO 和 0.2mol/L 海藻糖，另一组只用 0.35mol/L 海藻糖进行冻存，新鲜脂肪组为对照组。将复温后的颗粒脂肪组织移植于裸鼠头皮后部，8 周后切取移植物，最终结果表明虽然与对照组存在一定差距，两组移植物在体积(分别为(38.2±10.1)%和(46.1±14.4)%)和重量(分别为(34.1±12.1)%和(38.9±14.7)%)上无明显差别，三组的组织学切片中均能观察到脂肪组织的基本结构。这一结果表明海藻糖在理想的浓度下(0.35mol/L)能对冻存脂肪起到良好的保护作用，考虑到安全性和有效性，海藻糖更适用于颗粒脂肪组织的长期冻存。

对于仅与盐水混合冻存颗粒脂肪，Grewal(2009 年)再一次做了验证，脂肪组织在冻存 24 小时后即导致细胞形态学的改变，其合成血管内皮细胞生长因子(VEGF)的能力也明显下降。而使用蔗糖作为 CPA 时，则很好地保持了脂肪组织 VEGF 的合成水平，体内研究证实其形态学和移植物体积也有改善，从而指出在盐水中冻存脂肪组织的方法不可取。

Medina 考虑到 DMSO 的毒性作用，采用三嵌段共聚物 P188—— 一种新型的纳米液晶超分子结构作为 CPA 进行了研究。实验中将脂肪组织分为高分子聚合物组(P188)、PARPi 组(多聚 ADP 核糖聚合酶抑制剂)(抗凋亡对照)四组、DMSO＋海藻糖组(金标准对照)和盐水组(阴性对照)。冻存方法为直接置入-80℃或 24 小时慢速降至-20℃后再冻存于-80℃，冻存时间为 6 周。复温后取 $1cm^3$(0.97g)样本注入裸鼠头皮下，于 9 天和 6 周后切取移植物，通过测定重量，分析 ATP 活性、DNA 含量和凋亡活性进行研究。9 天时切取的移植物在重量和凋亡活性上各组均未有明显差异。6 周时切取的移植物观察发现，DMSO＋海藻糖组再吸收率达到 60%，PARPi 组为 53%；而 P188 组再吸收率仅为 25%，与前两组相比有统计学意义。与其他各组相比，P188 组的组织学切片可以观察到良好的脂肪组织结构，DMSO＋海藻糖组移植物镜下可见大量的纤维组织和空泡形成。结论为，膜稳定剂 P188 可以作为一种新的 CPA 用于脂肪组织冻存，从而代替有潜在毒性的 DMSO。

Thirumala (2010 年) 对脂肪组织消化离心后获得的沉淀成分——基质血管成分(stromal vascular fraction, SVF) 进行了冻存研究。由于既往 DMSO 和血清的应用限制了 ADSCs 的体内应用，作者以聚维酮(PVP)、甲基纤维素(MC)作为 CPA 在液氮中冻存 SVF，在其他组中分别使用动物血清、DMSO 或人血清作为对照研究。冻存方法为将 SVF 在-80℃过夜后置入液氮中 2 周。复温后在 37℃孵育箱培养 24 小时。通过镜下观察和流式细胞学分析发现，不含 DMSO 或使用 MC 的组中 SVF 细胞凋亡或坏死的部分明显增加；在无血清的 DMEM 培养基和含有 10%PVP 冻存组中则观察到大量有活性的细胞，其比例与含 DMSO 和血清(包括人血清和胎牛血清)的冻存组无明显差别，这些细胞也具有良好的成脂和成骨分化潜能。这表明以 10%PVP 和 DMEM 培养基冻存 SVF 细胞同样能取得理想的效果，可以替代以 DMSO 和血清为主的冻存方案。

在脂肪组织冻存时使用双 CPA 的研究起步较晚，但近年来经过众多学者的研究，CPA 在其中起到的保护作用得到了肯定。由于脂肪组织冻存的目的之一是安全地用于人体再次移植，以 DMSO 为主的有潜在毒性的渗透性 CPA 被逐渐弃用；而非渗透性 CPA，如海藻糖、蔗糖、聚维酮、甲基纤维素以及新型的高分子聚合物，由于没有明显的细胞毒性，在这一方面的应用越来越受到重视。

三、脂肪组织冻存与脂肪源性干细胞的相关研究

脂肪源性干细胞(ADSCs)近年来成为研究的热点，它具有良好的分化潜能和增殖能力，可以向

脂肪细胞、成骨细胞、软骨细胞、内皮细胞、神经细胞、心肌细胞和平滑肌细胞等多种方向分化，可以作为构建组织工程化脂肪组织的种子细胞，未来有可能成为一种新的软组织充填方法。脂肪抽吸物是 ADSCs 的丰富来源，由于冻存脂肪再次用于人体注射仍处于研究阶段，临床吸脂术后所获得的颗粒脂肪组织往往被丢弃，如果脂肪抽吸物冻存后还能分离出 ADSCs，则为临床建立脂肪和脂肪干细胞库带来了新的思路。

David 等（2005 年）将脂肪组织分为两组，一组为-20℃直接冻存，另一组在深低温冰箱中以 1℃/min 速率降到-80℃后转入液氮中冻存；后者又分为无 CPA 组、10%DMSO 组、7.5%PVP+7.5% DMSO 组、10%甘油组、10%甘油＋10%胎牛血清组，冻存时间为 48～244 天不等。通过醋酸荧光素（fluorescein diacetate）-碘化丙啶（propidium iodide）染色观察，-20℃下冻存脂肪中活细胞为 30%，-196℃无 CPA 组为 26.7%，以甘油为 CPA 冻存脂肪中活细胞平均为 50%，含 DMSO 组则平均为 64%。此外，作者还通过细胞培养法进行测定，复温后的脂肪在在培养瓶中加满 DMEM：HF12 培养液进行培养，由于成熟脂肪细胞漂浮在培养液中，因此最终附着在培养瓶上表面，而 ADSCs 则沉降附着培养瓶底面。3 周后对贴壁和生长的细胞进行观察，-20℃组未发现成熟脂肪细胞和 ADSCs 生长；-196℃组中，未使用 CPA 的冻存脂肪培养后可以见到成熟脂肪细胞但没有 ADSCs 贴壁，其余各组均能见到脂肪细胞和 ADSCs。研究结果表明，-20℃冻存后的脂肪不再具有活力，用这种脂肪进行充填效果并不优于惰性充填剂；而液氮下冻存的脂肪则很好地保持了脂肪细胞和 ADSCs 的活力。

Pu 等（2006 年）在研究脂肪冻存时，实验中收集成年女性经传统吸脂法获得的脂肪组织，以 0.5mol/L DMSO 和 0.2mol/L 海藻糖作为 CPA，通过慢速降温后存于液氮。通过细胞培养法测定活力，冻存后的脂肪于 48～72 小时可以观察到纺锤形细胞贴壁，而新鲜脂肪组织 24 小时后即可见细胞贴壁。作者认为尽管冻存脂肪组的细胞贴壁生长存在延迟，仍能在培养后获得相当数量的细胞。文中虽没有明确指出，但这些贴壁的纺锤形细胞很有可能就是 ADSCs。

Matsumoto 等（2007 年）则明确指出了由冻存脂肪可以获取 ADSCs。他将吸脂术后获取的脂肪组织在室温下保存 1、2、4、24 小时，4℃保存 1、2、3 天，-80℃冻存 1 个月，培养 1 周后观察干细胞生成能力。在室温下放置 24 小时和在 4℃下放置 3 天后，干细胞获得量显著减少，但对 4℃下放置 3 天后培养获得的干细胞进流式细胞学分析证实，其生物学特性未见明显改变。-80℃冻存的脂肪培养后同样能获得无生物学特征改变的干细胞，当然，与新鲜脂肪相比其干细胞数量有所减少。

Lee（2010 年）对冻存脂肪的活力和由此获得的 ADSCs 的分化能力进行了评估。冻存液为含 10%胎牛血清（FBS）的 DMEM-Ham F-12 培养液和 10%DMSO（1:1），在-20℃和-80℃分别冻存 7天、1 个月、2 个月和 3 个月，最长达 1 年。经吖啶橙 / 溴化乙啶（acridine orange/ethidium bromide，AO/EtBr）染色发现，-20℃冻存 2 个月后，含 DMSO 组活细胞为 40.5%，无 DMSO 组为 24.2%。-80℃下冻存 2 个月后含 DMSO 组为 87.1%，无 DMSO 组为 46.9%。此外，为了评估冻存后脂肪能否获得 ADSCs，作者取冻存 1 周后的脂肪，经消化离心后获得 SVF，然后进行培养。研究发现，在使用 DMSO 的冻存脂肪中均可得到 ADSCs，而未使用 DMSO 组均无干细胞生长。由-20℃和-80℃冻存脂肪所获得的 ADSCs 数量并无明显差别，但由-20℃获得的 ADSCs 保存 1 个月后细胞数急剧减少，与新鲜脂肪获得的 ADSCs 数相比最终只有 5.8%；而由-80℃冻存脂肪培养出的 ADSCs 数保存 3 个月后未见明显降低，1 年后降低约 12%。对由冻存脂肪获得的 ADSCs 进行诱导分化经油红 O 染色表明，这些细胞能成功地分化为含有脂滴的脂肪细胞，其分化率与新鲜脂肪获取的 ADSCs 相同。这一研究再次证实，-20℃并不适用于脂肪组织长期保存，在使用 CPA 和适宜温度条件下冻存的脂肪组织能作为可靠的 ADSCs 和脂肪细胞来源。

颗粒脂肪组织冻存的研究开展以来，早期曾有过个别报道称将冻存脂肪应用于人体再次移植并取得了维持一定体积的效果，但这些报道或缺乏理论依据或没有详细的临床资料，故本文中未予提及，从现在来看，这些个案中移植的不过是失去活性的脂肪组织，仅起到软组织充填剂的作用。结合近年来众多的研究，我们可以得出以下结论：①普通家用冰箱（-20～-16℃）不能用于颗粒脂肪组织的长期储存，而深低温冰箱（-70～-80℃）和液氮（-196℃）是两种理想的储存条件。②冻存时必须使用CPA才能保证脂肪组织的活力，考虑到人体移植的目的，以DMSO为主的渗透性CPA因为有毒性而逐渐被弃用，使用没有明显毒性的非渗透性CPA和新型高分子聚合物成为研究的方向。③冻存后的脂肪组织能成功地培养出具有良好分化潜能的ADSCs，从而可以作为获取ADSCs的丰富资源。④ADSCs虽然可以作为种子细胞构建组织工程化脂肪组织，未来有可能替代颗粒脂肪移植，但这种技术成熟地运用于临床还需要长久的研究，而冻存脂肪的再移植则可能在短期内实现。此外，ADSCs与冻存脂肪共移植也不失为一种好的应用方法。总之，颗粒脂肪组织的长期储存有可能为脂肪相关的再生医学打开一个新的领域。

（肖斌）

参考文献

[1] David K M, Megan D, Rhoda S N, et al. Cryopreservation of human fat for soft tissue augmentation: viability requires use of cryoprotectant and controlled freezing and storage[J]. Dermatol Surg, 2005, 31(11): 1506-1510.

[2] Matsumoto D, Shigeura T, Sato K, et al. Influences of preservation at various temperatures on liposuction aspirates[J]. Plast Reconstr Surg, 2007, 120(6): 1510-1517.

[3] Lee J E, Kim I, Kim M, et al. Adipogenic differentiation of human adipose tissue-derived stem cells obtained from cryopreserved adipose aspirates[J]. Dermatol Surg, 2010, 36(7): 1078-1083.

[4] 朱兆明，柴家科，贾晓明. 皮肤储存基础与应用[M]. 北京：人民军医出版社，2002：102-104.

[5] 肖斌，刘毅，于晟，等. 脂肪颗粒组织在不同冻存条件下低温保护剂的筛选[J]. 中国美容医学，2005，14(4)：397-399.

[6] 肖斌，刘毅. 脂肪组织的体外储存[J]. 中国美容医学，2005，14(2)：233-235.

[7] 徐海峰，刘宝林，高志新. 细胞及组织的玻璃化保存研究进展[J]. 低温工程，2010，177(5)：59-64.

[8] 肖斌，刘毅，张绪生，等. 脂肪颗粒组织在不同低温条件下冻存后活力分析及移植成活率测定[J]. 中华医学美学美容杂志，2007，13(2)：97-100.

[9] Pu L L, Cui X, Fink B F, et al. Cryopreservation of adipose tissues: the role of trehalose[J]. Aesthet Surg J, 2005, 25(2): 126-131.

[10] Pu L L, Cui X, Li J, et al. The fate of cryopreserved adipose aspirates after in vivo transplantation[J]. Aesthet Surg J, 2006, 26(6): 653-661.

[11] Wolter T P, von Heimburg D, Stoffels I, et al. Cryopreservation of mature human adipocytes: in vitro measurement of viability[J]. Ann Plast Surg, 2005, 55(4): 408-413.

[12] Cui X D, Gao D Y, Fink B F, et al. Cryopreservation of human adipose tissues[J]. Cryobiology, 2007, 55(3): 269-278.

[13] Cui X, Pu L L. The search for a useful method for the optimal cryopreservation

of adipose aspirates: part Ⅰ. in vitro study[J]. Aesthet Surg J, 2009, 29(3): 248-252.

[14] Cui X, Pu L L. The search for a useful method for the optimal cryopreservation of adipose aspirates: part Ⅱ. in vivo study[J]. Aesthet Surg J, 2010, 30(3): 451-456.

[15] Pu L L, Coleman S R, Cui X, et al. Cryopreservation of autologous fat grafts harvested with the Coleman technique[J]. Ann Plast Surg, 2010, 64(3): 333-337.

[16] Grewal N, Yacomotti L, Melkonyan V, et al. Freezing adipose tissue grafts may damage their ability to integrate into the host[J]. Connect Tissue Res, 2009, 50(1): 14-28.

[17] Medina M A, Kirkham J, Lee J, et al. A novel agent for improved cryopreservation of adipose tissue[J]. J Surg Res, 2010, 158(2): 345-346.

[18] Thirumala S, Gimble J M, Devireddy R V. Cryopreservation of stromal vascular fraction of adipose tissue in a serum-free freezing medium[J]. J Tissue Eng Regen Med, 2010, 4(3): 224-232.

[19] Pu L L. Cryopreservation of adipose tissue[J]. Organogenesis, 2009, 5(3): 138-142.

[20] Pu L L, Cui X, Fink B F, et al. Adipose aspirates as a source for human processed lipoaspirate cells after optimal cryopreservation[J]. Plast Reconstr Surg, 2006, 117(6): 1845-1850.

第十三章
脂肪组织工程

第一节 概 述

各种原因造成的软组织缺损的修复是整形美容外科面临的重大难题之一，因不能很好地改善外观和功能，对患者的身心健康造成不良影响，甚者失去工作或生活的信心。传统的方法主要是应用脂肪组织瓣、胶原注射剂、真皮组织、人工合成材料以及游离脂肪组织移植来修复，但人工合成材料易产生异物排斥反应，自体组织移植又带来供区的继发畸形，而且，临床最常采用的游离脂肪组织移植还面临着移植物被吸收、纤维组织替代和油脂囊肿形成等问题。因此，如何有效地保证移植脂肪细胞的成活，并保持其旺盛的增殖状态以及维持其脂肪细胞的特性，是脂肪组织移植成功的关键。组织工程化脂肪组织的构建将为解决上述问题提出一条新的途径。

一、组织工程学和脂肪组织工程的概念

组织工程学是应用细胞生物学和工程学的原理，研究开发修复、改善损伤组织结构和功能的一门科学。组织工程学的基本原理和方法是将体外培养扩增的正常组织细胞吸附于生物相容性良好、可吸收的支架材料上，形成细胞-支架材料复合物，再将细胞-支架材料复合物植入机体组织或器官的病损部位，细胞在支架材料逐渐被机体降解吸收的过程中形成具有新的形态和功能的组织器官，达到修复创伤和重建功能的目的。这将为摆脱颗粒脂肪移植的陈旧理论，开辟组织工程脂肪移植的新途径提供依据。

脂肪组织工程是利用正常细胞和生物可降解材料来制备、重建和再生脂肪替代材料的技术。2005 年，组织工程技术就已经被用于构建脂肪组织，即将具有脂肪生成功能的细胞与具有生物降解功能的聚合物支架材料相结合，重建脂肪组织。

成功构建组织工程化脂肪组织的方案主要包括以下几个方面：①种子细胞的获取；②与种子细胞具有良好的生物相容性的三维支架材料，并且该支架材料可以根据实际需要调整体积和形态；③调控脂肪细胞生长、分化的细胞因子。

二、脂肪组织工程研究进展与面临的挑战

目前，国外对于构建组织工程脂肪的研究尚处于起步阶段。关于脂肪组织工程体内实验研究，有文献报道将前脂肪细胞接种到聚乳酸-羟基乙酸共聚物（PLGA）支架材料上可生成脂肪组织。von Heimburg 等使用人前脂肪细胞作为种子细胞，与胶原和透明质酸分别作为支架混合培养 3～8 周，成功构建出脂肪组织，但这种脂肪组织是否可长期维持尚待研究。国内兰州军区兰州总医院 2006

年报道以骨髓间充质干细胞和脂肪源性干细胞为种子细胞与 PLGA 成功构建出组织工程脂肪。

目前的实验研究与真正临床应用还有相当大的距离，仍然存在许多需要解决的难题：①如何保证构建的脂肪组织长期存活。组织工程化脂肪组织是否能长期保持原有的组织结构及功能，将是决定其是否能真正应用于临床的关键；②目前的研究多在小型动物（如大鼠）体内完成，而小型动物无法模拟出大范围的组织缺损，同时，小型动物的寿命也不足以支持研究所需要的长期观察，故选择适当的大型动物模型进行研究是非常必要的；③在如何使组织工程化脂肪组织获得最好的血液供应的研究中，对生长因子基因研究颇多，但如何控制这些生长因子以及这些生长因子是否能引起瘤变也是必须深入研究的课题。总之，组织工程化脂肪组织能否最终应用于临床取决于移植物能否长久保持正常的形态和功能。

第二节　种子细胞与脂肪组织工程

组织工程学近年来研究进展很快，目前采用组织工程技术构建的部分组织或器官已经开始进入或即将进入临床应用，如组织工程化皮肤已经实现商品化，软骨组织工程产品也已经进入临床前期的实验阶段。随着人们对组织工程学相关内容研究的不断深入，构建各种组织工程化组织和器官均有可能成为现实，并为相应器官缺损的患者带来福音。

组织工程学的基本原理和方法已如前述，组织工程研究成功与否主要取决于种子细胞、支架材料以及有助于细胞生长、分化的外在环境三个关键因素，其中获得足够数量、不引起免疫排斥反应，且具有再生活力的种子细胞是开展组织工程研究的前提和基础。种子细胞有多种来源，如自体细胞、动物细胞以及干细胞等。自体细胞来源有限，在体外难以大量扩增，并且存在去分化现象；动物细胞进行体内移植也存在明显的限制，如容易引起病原体体内传播、免疫排斥等。自体细胞和动物细胞作为组织工程细胞的来源存在众多难以克服的限制性因素，因此，近年来科研人员开始将注意力集中到干细胞研究领域。

干细胞是一种具有自我更新、高度增殖以及多种分化潜能的未分化细胞。按分化潜能的大小，干细胞基本可分为三种类型：第一类是全能干细胞，它具有形成完整个体的分化潜能；第二类是多能干细胞，它具有分化出多种细胞组织的潜能；第三类是专能干细胞，它只能向一种类型或密切相关的两种类型细胞分化。根据存在部位的不同，干细胞可以分为胚胎干细胞和组织干细胞。组织干细胞又可根据其来源分为骨髓干细胞、脂肪干细胞、脐血干细胞、造血干细胞、神经干细胞、表皮干细胞、内皮组细胞、生殖干细胞、胰腺干细胞等。

一、胚胎干细胞

（一）胚胎干细胞的来源

胚胎干细胞的提出源于对小鼠畸胎瘤研究。1964 年，Pierce 等发现取自小鼠睾丸畸胎瘤的细胞具有多能性，可分化为多种细胞类型，这种多能性细胞称为胚胎癌细胞（embryonal carcinoma cells），即 EC 细胞。1981 年，英国的 Evans 和美国的 Martin 分别成功地从延迟着床的小鼠胚胎中建立了多能性干细胞系，这些细胞具有正常的二倍体核型，并可分化为多种细胞类型，这种多能性干细胞被为胚胎干细胞（embryonic stem cells），即 ES 细胞。1995 年，Thomson 从恒河猴的囊胚中分离并建立了世界上第一株灵长类动物 ES 细胞，而后（1998 年）他又由囊胚早期阶段分离并建立了第

一株人ES细胞，引起了科学界的轰动和广泛关注。

此外，人们早就认识到畸胎瘤是因原始生殖细胞癌变而形成的，因此研究人员尝试从原始生殖细胞中直接分离未分化的多能干细胞。研究结果表明，原始生殖细胞中确实含有多能性干细胞，这些细胞在体外适宜的环境中可以较长期增殖，并维持未分化状态，在不同信号的刺激下可分化为体内多种干细胞类型。这种源自原始生殖细胞的多能性细胞称为胚胎生殖细胞（embryonic germ cells），即EG细胞。

EC细胞、ES细胞和EG细胞虽然属于三种不同类型的细胞，但是它们都具有在体外无限或较长期增殖和多向分化的潜能，从细胞来源讲，它们都直接或间接来源于胚胎组织，因此将它们统称为胚胎干细胞。

（二）胚胎干细胞的特性

胚胎干细胞在生物学抑制因子的存在下，在体外能长期保持增殖和未分化状态，并能冻存。ES细胞具有以下三个特性：

1 具有分化的多潜能性，在体外诱导能分化出属于三个胚层的分化细胞。在一定条件下细胞可被定向诱导形成内皮、骨、软骨、平滑肌、心肌、骨骼肌、肝脏、神经胶质、原始神经节及复层鳞状上皮细胞。这种在体外培养体系中能不断扩增而又能定向诱导分化的细胞无疑是细胞、组织甚至器官移植供体的理想来源，特别是对于一些仅仅由一种或少数几种细胞死亡或功能失调所致的疾病，如帕金森病、糖尿病、骨关节炎、风湿性关节炎、白血病、再生障碍性贫血、脑卒中、心肌病等，可望为它们提供一种有效的根治手段。McCloskey等从小鼠ES细胞分离出高度纯化有增殖能力的内皮细胞，植入胶原支架上，在体外测试了形成三维血管结构的能力。Alperin认为心肌细胞为终末分化细胞，而用ES细胞作为种子细胞，聚氨基甲酸酯薄膜作为生物支架材料，并在薄膜上包被凝胶、层粘连蛋白和胶原Ⅳ的组织工程学方法有望修复受损的心脏组织。Imamura等将ES细胞植入胶原支架并用外源性生长因子和激素诱导其形成肝脏组织，之后移植入部分肝切除的裸鼠肝中叶，7～14天后出现肝样细胞和肝小叶样聚集物，表现出ES细胞在生物人工肝、肝移植及药理学模型中的价值。

2 具有种系传递功能。ES细胞可参与受体胚胎的各种器官组织并形成生殖细胞。如果把十几个ES细胞在体外注入另一胚泡内，使它们与受体胚胎细胞混合，再植入假孕受体鼠子宫，可发育成嵌合体胚或鼠。有人将ES细胞注入小鼠囊胚中，最终形成嵌合体小鼠。

3 具有长期的未分化增殖能力。ES细胞不仅能分化成各种器官组织，而且也能繁殖生成新的保持同种性状的ES细胞。

（三）胚胎干细胞研究中遇到的问题

尽管胚胎干细胞的研究已经取得很大进展，但真正用于组织工程领域尚面临很多问题，因此也限制了其的应用。首先，由于多向分化潜能是该细胞的主要特征，体外培养条件的略微变化就可导致分化机制的启动。细胞对体外生长的环境要求苛刻，原则上应满足两个条件：促细胞分裂增殖，抑制细胞的分化。前者受到基本培养基、添加剂、血清和生长因子的影响，后者则涉及早期胚胎的胚龄、饲养层细胞的种类、条件培养基、生长因子的应用及其他类型细胞如滋养层细胞的影响。其次，被定向诱导分化的有效性、可调性由于不可能克隆自一个单一的细胞，尽管它们所处的分化状态、形态及来源相同，但是并不排除其在发育潜能上存在变异的可能性。因此在同一环境条件下可朝不同的方向分化，甚至产生畸变的细胞群。由于目前尚缺乏指示细胞分化状态，尤其是对分化过程中的中间产物尚缺乏特异标志及有效的监测手段，如何对分化过程进行有效监控将是需要探讨的问题。另外，尚存在种系差异的影响。限制其应用的最大问题还在于胚胎干细胞不可避免地需

要来源于胚胎组织，因此不得不面临社会、伦理学的争议，至今美国联邦法律仍禁止联邦政府基金用于建立人源系的研究。基于此，组织干细胞就显出了相对的优势。

二、组织干细胞

组织干细胞是指成体组织中所存在的具有自我更新与分化能力的细胞。它们在特定的条件下可以对称地分裂为新的子代干细胞或功能细胞，也可以不对称地分裂成子代干细胞和功能干细胞，从而使组织分化成与器官保持生长和衰退的动态平衡。传统的观点曾认为组织干细胞的分化潜能较弱，只能分化成与其组织来源一致的某种特定的组织细胞；然而新近研究的许多实验证实，在某些情况下，组织干细胞同样可以向内皮、骨、软骨、平滑肌、心肌、神经、脂肪等多种细胞分化。这种多向分化的现象称为组织干细胞的可塑性分化。迄今对组织干细胞研究较多的是骨髓间充质干细胞、脂肪源性干细胞、脐带间充质干细胞、脐血干细胞，其次是造血干细胞、神经干细胞以及表皮干细胞等。

（一）骨髓间充质干细胞(BMSCs)

1 BMSCs 的形态特征　1986 年，Friedenstein 等首次报道骨髓标本中的小部分贴壁细胞在培养过程中能够分化为成骨细胞、成软骨细胞、脂肪细胞和肌细胞，而且这些细胞经过 20～30 个培养周期仍能保持其多向分化的潜能，这类细胞称为骨髓间充质干细胞(bone mesenchymal stem cells, BMSCs)。

原代所获得的 BMSCs 细胞绝大部分为球形的单个核细胞，体外培养 48 小时后，细胞贴壁生长，此时出现球形、椭圆形、梭形。随着培养天数的增加，球形贴壁细胞的数量明显减少，梭形细胞的分裂速度明显加快。培养 5～7 天后，细胞开始迅速增殖，形态出现较大变化，可见纺锤形和星形多突起的细胞贴壁生长。培养 10～12 天，细胞开始形成形态较为均一的增殖集落，胞体变得细长，似成纤维细胞。随着换液和传代，杂细胞逐渐减少(图 13-1)，至第三代时，BMSCs 已基本由梭形细胞组成(图 13-2)。

2 BMSCs 的表面抗原　BMSCs 的表面抗原 SH2、SH3、SH4、STRO-1、α-smooth muscle actin、MAB1740、CD29、CD44、CD71、CD90、CD106、CD120a、CD124 等呈阳性，但 CD14、CD34、CD45 等造血谱系标记呈阴性。BMSCs 还存在 IL-1R、IL-3R、IL-4R、IL-6R、IL-7R、LIFR、SCFR、G-CSFR、PDGFR、EGFR 等多种细胞因子受体，同时 BMSCs 自身可分泌 interleukin-1α(IL-1α)、IL-6、IL-7、IL-8、IL-11、IL-12、IL-14、IL-15、LIF、SCF、Flt-3 ligand、GM-CSF、G-CSF、M-CSF 等多种细胞因子。

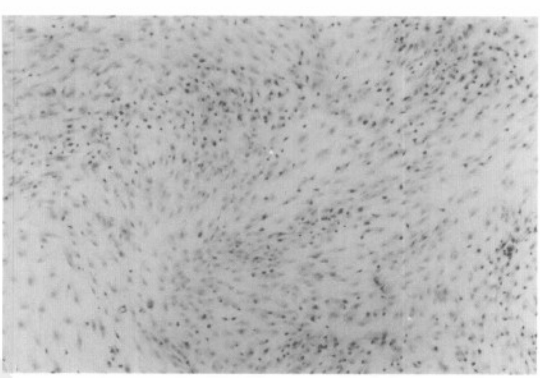


图 13-1　BMSCs 原代培养融合后 HE 染色(×200)

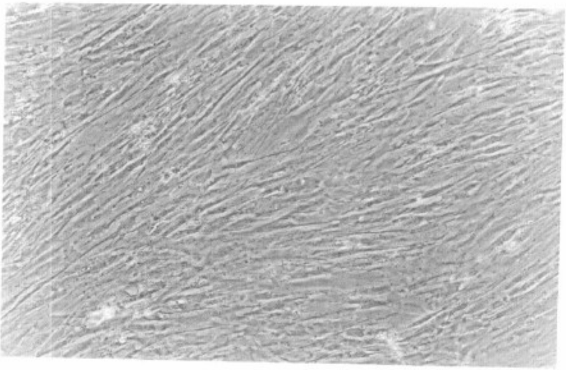


图 13-2 第三代 BMSCs 细胞融合(×400)

BMSCs 表达的黏附分子和分泌的细胞外基质有 integrins(αvβ3,αvβ5),integrin chains(α1、α2、α3、α4、α5、av、β1、β3、β4、ICAM-1、ICAM-2、VCAM-1、ALCAM-1、LFA-3、L-selectin、endoglin、CD44),collagen(type Ⅰ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ、Ⅵ)。目前,对于 BMSCs 并没有找到理想的标记分子,但 Guo 报道,BMSCs 的表面抗原 CD29、CD44、CD166 呈阳性,而 CD34、CD45、HLA-DR 呈阴性;细胞化学分析显示,PAS、ANAE 阳性、SBACP 阴性,提出 BMSCs 是一类具有独特表型和细胞化学特征的均一细胞群。

3 BMSCs 的可塑性 BMSCs 具有可向多种中胚层和神经外胚层来源的组织细胞分化的能力,已证实至少可向 9 种以上的成熟细胞分化,这些细胞包括肌细胞、成骨细胞、软骨细胞、成纤维细胞、脂肪细胞、上皮细胞、神经细胞、肝细胞及肌腱细胞等,也可以分化为造血干细胞和基质细胞。Jiang 等将大鼠和小鼠单个 BMSCs 在体外不同的条件下培养,发现它可分化成中胚层、神经外胚层、内胚层细胞。将单个 BMSCs 移植到小鼠骨髓组织中,发现它不但可以形成骨髓及血液细胞,而且还可以进入肝、肺、皮肤、胃及肠等组织中,并分化为相应组织类型的成熟细胞。

4 BMSCs 的多向分化及成脂分化 BMSCs 多项分化的具体机制,不同的研究者有不同的看法。Dennis 等认为,BMSCs 内存有几套可以向几种终末细胞分化的储备基因,当某种因素在一定条件下对它进行作用时,就会诱导相应系列基因的表达,使细胞向这一方向分化。在 Mauney 等的实验中将 BMSCs 孵育在含有 10%胎牛血清、10%正常大鼠血清、10nmol/L 地塞米松、5μg/ml 胰岛素的 α-MEM 培养基中,两天后撤去地塞米松,继续孵育 5~7 天后,BMSCs 可分化成脂肪细胞。地塞米松可以强烈诱导细胞内 PPARγ mRNA 的表达,且诱导脂肪细胞转录促进因子 C/EBPΔmRNA 的表达。胰岛素与其受体结合,通过激活 Akt、Ras、ERK1/ERK2 等信号传导途径促进脂肪细胞的生成。IBMX 则通过抑制 CAMP 降解,激活 CAMP 反应元件结合蛋白 CREB 来调控 C/EBP 的表达,促进脂肪细胞的产生。BMSCs 除具有多向分化特性外,还可支持造血及进行免疫调控,因此具有重要的潜在应用价值,并已经开展了相关的临床试验研究。BMSCs 移植促进造血功能恢复及在组织工程中作为种子细胞已有临床报道。但骨髓中 BMSCs 的含量很低,约占骨髓单个核细胞的 1/100万~1/10 万。所以,为达到治疗应用量,减少标本量的采集,进行体外扩增培养是必要的。然而,体外培养的 BMSCs 能否长期保持其多向分化的特性、经诱导后能否成为想要的细胞、培养过程中细胞遗传背景的稳定性、培养细胞的植入性等,都是 BMSCs 临床应用前必须解决的问题(图 13-3、图 13-4)。

(二)脂肪源性干细胞(ADSCs)

1 ADSCs 的形态特征 Zuk 从脂肪组织中分离出一种成纤维细胞样细胞,与骨髓间充质干细胞形态相似,称为脂肪源性干细胞,简称(adipose-derived stem cells,ADSCs),平均每 300ml 脂肪组

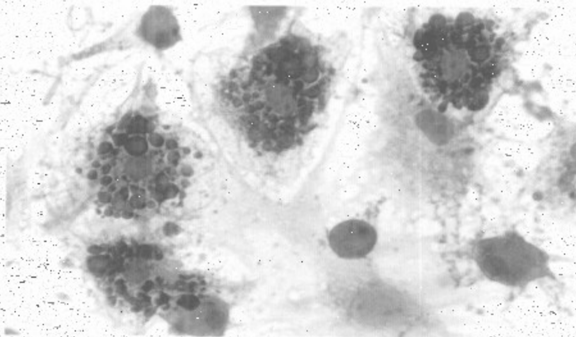


图 13-3　BMSCs 成脂诱导油红 O 染色 HE 复染(×800)

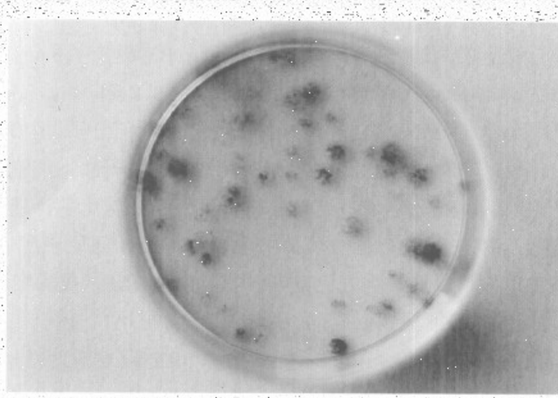
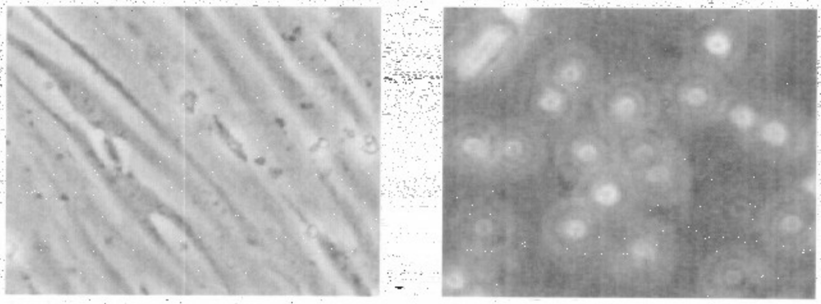


图 13-4　BMSCs 成骨诱导后碱粒酶测定(偶氮偶合技术)

织可获得 2×10^{8}～6×10^{8} 个。这些 ADSCs 不像骨髓间充质干细胞对培养基中胎牛血清的来源有严格的要求,在加入任何批号胎牛血清的 DMEM 培养基中都能够很好地增殖。在传代培养中,平均倍增时间为 60 小时,并且保持稳定的倍增率直至 13 代,其中衰老和死亡细胞所占的比例也很少。这表明 ADSCs 的增殖能力很强,传代培养时易于获得大量的有分化能力的细胞。脂肪干细胞的体外培养中,细胞贴壁后最初为小球形,核/浆比例增大,4 天后即可观察到细胞渐成梭形;7 天左右此梭形细胞扩大增殖,并开始积聚脂肪颗粒;9 天后可观察到由梭形渐成椭圆形,积聚的脂肪颗粒细胞增多;到 2 周时分化为多脂滴或单脂滴的细胞(图 13-5、图 13-6)。

2　ADSCs 的表面抗原　ADSCs 的表面抗原有 HLA-ABC、CD8、CD10、CD13、CD29、CD34、CD44、CD49、CD54、CD55、CD59、CD105、CD146、CD166。ADSCs 和 BMSCs 具有相同的表现型,对 CD29、CD44、CD71、CD70、CD105/SHZ 和 SH3 为阳性反应,对 CD31、CD34 和 CD45 为阴性反应;有两个特征性的表达分化抗原:CD49d 和 CD106,前者肯定存在而后者肯定没有,与 BMSCs 情况相反。

3　ADSCs 的多向分化　ADSCs 与 BMSCs 一样,在不同的培养条件下可分化为不同来源的组织细胞。ADSCs 可分化为成骨细胞、软骨细胞、骨骼肌细胞和脂肪细胞(图 13-7、图 13-8)。体外研究证明,ADSCs 还可以分化为神经元细胞、肝脏细胞、胰岛细胞、造血干细胞和心肌细胞。将 ADSCs 置入含胎牛血清、转移生长因子 β1、胰岛素、地塞米松、转铁蛋白、抗坏血酸磷酸酯等确定成分的



A　　B

图 13-5 ADSCs 细胞形态学观察（×400）

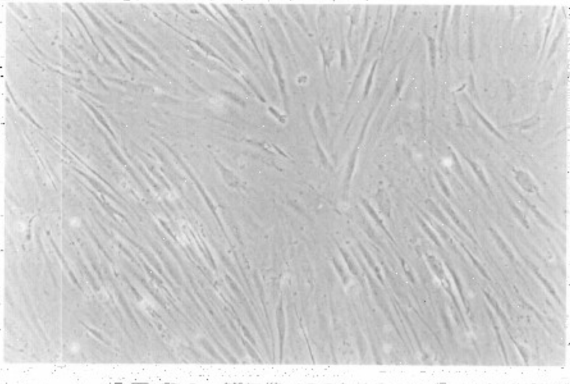


图 13-6 第三代 ADSCs（×100）

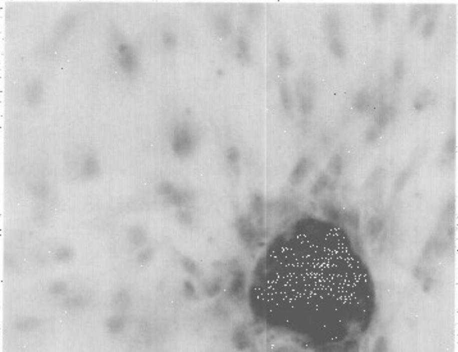


图 13-7 ADSCs 成骨诱导后 ALP 染色（×400）

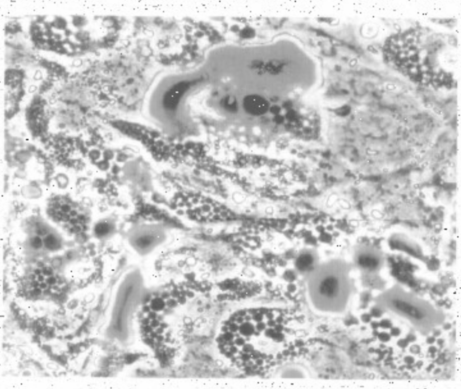


图 13-8 ADSCs 成脂诱导后油红 O 染色（×400）

DMEM 培养基中，可见 ADSCs 分化成软骨样细胞。将 ADSCs 置入含有胎牛血清、地塞米松、抗坏血酸磷酸酯、磷酸甘油的 DMEM 培养基中培养 4～6 周，4 天时细胞由梭形变为立方形，2 周时碱性磷酸酶活性持续增高，3 周时骨钙素的分泌增加 2～3 倍；4 周时出现大量钙化细胞外基质，可见 ADSCs 具有向成骨细胞分化的能力。将 ADSCs 置入含胎牛血清、异丁基甲基黄嘌呤、地塞米松、胰岛素、吲哚美辛的 DMEM 培养基中培养 2 周，可见 ADSCs 胞质内充满脂滴，并逐渐增多融合，约占

胞质体积的90%～98%，将胞核挤至一边，这种形态与成熟的脂肪细胞非常相似，可见ADSCs可以诱导分化为脂肪细胞。将ADSCs置入含胎牛血清、地塞米松、氢化可的松的DMEM中培养6周，1周时肌特异性转录因子——肌形成决定因子开始表达，6周时检测到肌蛋白的存在，而且光学显微镜下可见成小片的又大又长的多核细胞。这说明ADSCs有分化为成肌细胞的能力。

4 ADSCs的潜在优越性 ADSCs有潜在的应用价值，与其他干细胞相比有显著的优越性：①脂肪细胞容易获得，可以避免从脑部和骨髓获取细胞造成的损伤；②患者自身来源的细胞能够进行自体移植，可以克服异体的免疫排斥；③ADSCs在体外增殖速度快，不必进行永生化处理就能获得足够量的细胞用于移植；④对于体重超重而又需组织工程种子细胞进行整形治疗的患者，只需进行腹部的吸脂术就可获得足量的脂肪组织用于细胞培养。

（三）脐带间充质干细胞（hUCMSCs）

1 hUCMSCs的形态特征 组织块贴壁后1周可见散在分布、贴壁生长的细胞集落（图13-9）。细胞多为双突起的长梭形或扁平形的成纤维样细胞，折光度好，核仁明显。2周后，细胞形态变为均一的纺锤形，细胞达到70%～80%融合时消化、传代。细胞低密度时长成扁平单层细胞，细胞生长密度增加趋于融合时形态变得细长，类似成纤维细胞，呈平行排列生长或旋涡状生长（图13-10～图13-14）。hUCMSCs在体外可培养20代以上，细胞增殖速度在15代后有所减缓，其形态变得较宽大。

2 hUCMSCs的表面抗原 hUCMSCs阳性表达CD13、CD29、CD44、CD90、CD105等间充质干

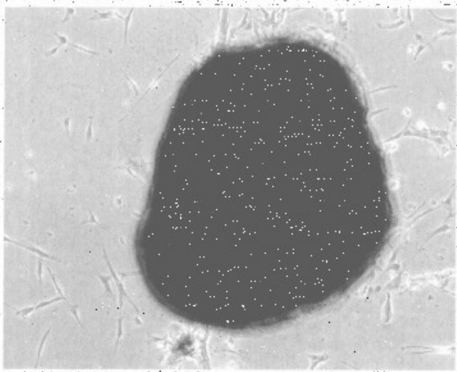


图13-9 hUCMSCs原代培养第7天（×100）

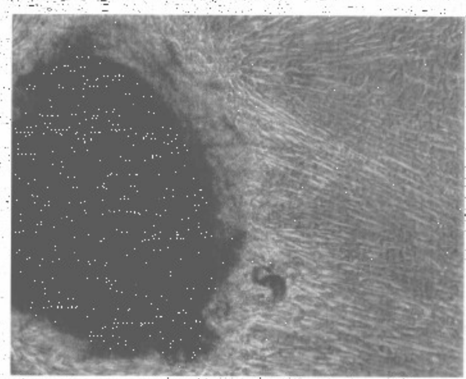


图13-10 原代培养第14天，hUCMSCs自脐带组织块中游离出来（×100）

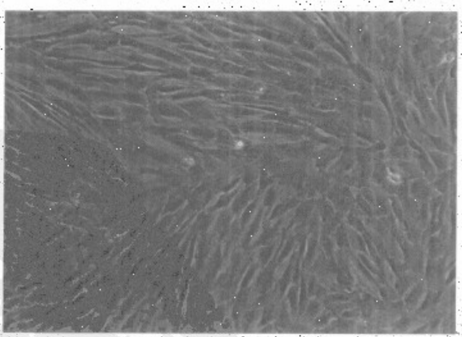


图13-11 原代细胞完全融合（×100）

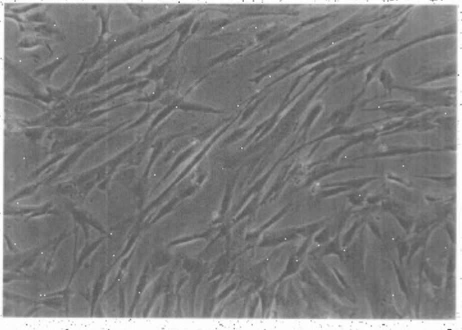


图13-12 hUCMSCs第10代第3天（×100）

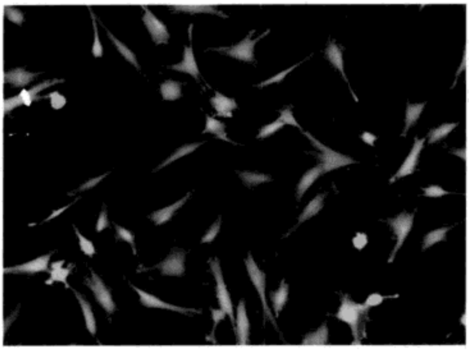


图 13-13　hUCMSCs 第 2 代第 2 天荧光素四乙酸甲酯染色活细胞呈黄绿色(×100)

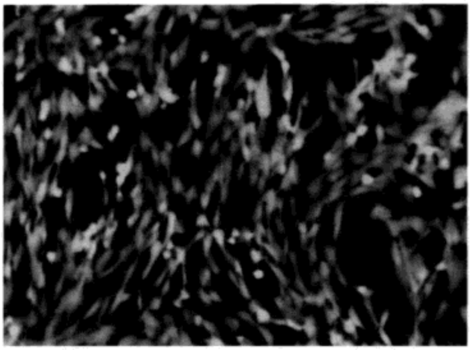


图 13-14　hUCMSCs 第 2 代第 5 天(×100)

细胞(MSCs)标志物，而造血系细胞表面抗原 CD14、CD34、CD45 及免疫排斥反应重要抗原 HLA-DR 表达阴性。这一结果同骨髓、脂肪、脐血间充质干细胞结果一致。

3 hUCMSCs 的分离、培养、纯化及扩增　将足月健康婴儿的脐带从手术台上取下，保持其无菌状态置于含 10%胎牛血清(FBS)的 LG-DMEM 培养基中，4℃保存。在超净台内取出脐带，用 PBS 平衡液充分洗涤残留的血液，将其剪碎至 1mm×1mm×1mm 大小并置于培养皿中，加入含体积分数 15%FBS 的 HG-DMEM 培养液，在 37℃、体积分数为 5%的 CO_2 培养箱内培养。倒置相差显微镜下观察细胞贴壁后，每隔三四天更换培养基，待细胞出现集落生长达 60%以上融合后弃组织块，用 1:1 的 2.5g/L 胰蛋白酶和 2.0g/L 的 EDTA 混合液消化(在显微镜下控制消化时间)。按 1:4～1:3 的比例传代，记做 P1，传至 P3 代后剩下形态较为单一的细胞。

4 hUCMSCs 的成脂分化及调控脂肪细胞分化的信号转导途径　将体外扩增培养的 hUCMSCs 置于孔板或培养皿中，当细胞贴壁生长达到 80%融合后，将培养液改为脂肪诱导培养液(LG-DMEM 含 10% FBS、10^{-6}mol/L 地塞米松、10mg/L 胰岛素、100mg/L1-甲基-3-异丁基黄嘌呤、100mg/L 吲哚美辛)。根据细胞状态，每 3～4 天半量换液一次，培养 6 周后取出盖玻片，用 PBS 冲洗两次，每次 5 分钟，用 50%异丙醇固定 1 分钟，油红 O 染色液染色 10 分钟，蒸馏水冲洗三次，每次 1 分钟，显微镜下观察并采集图像。

hUCMSCs 在向脂肪细胞诱导分化过程中，首先是 hUCMSCs 在体外实验性诱导剂(如上述诱导剂)、生物活性因子、寒冷、激素等因素刺激下逐渐分化为单能干细胞，即脂肪母细胞，它保持着干细胞增殖活跃的特性，然后再进一步分化为前脂肪细胞。前脂肪细胞在经历细胞融合、接触抑制和克隆扩增等步骤后继续启动向成熟脂肪细胞分化的过程，并在胰岛素、地塞米松、1-甲基-3-异丁基黄嘌呤等诱导剂的协同作用下最终分化为成熟的脂肪细胞。一般诱导 10 天左右，倒置相差显微镜下可见 hUCMSCs 由长梭形逐渐变短，胞质中有小而亮的圆形脂滴，油红 O 染色后可见红色小脂滴。第三代 hUCMSCs 诱导 20 天左右，经油红 O 染色，可见胞质中脂滴增多，一般分布在细胞核周围。诱导 42 天，多数细胞胞浆中含有脂肪空泡(图 13-15、图 13-16)。

脂肪细胞的分化主要通过四条信号转导通路来调控：①胰岛素样生长因子-1(IGF-1)激活的酪氨酸激酶途径；②糖皮质激素 / 前列环素途径；③环腺苷酸-蛋白激酶 A 途径；④脂肪酸激活受体途径。由于各种细胞系所处的发育阶段不同，故转导途径的激活方式也有所不同。研究表明，前脂肪细胞有众多的 IGF-1 受体(IGF-1R)，但胰岛素受体很少。生长激素和高浓度的胰岛素通过 IGF-1R 诱导前脂肪细胞分化，此作用能被生理浓度的 IGF-1 所代替。IGF-1 诱导脂肪细胞分化的信号

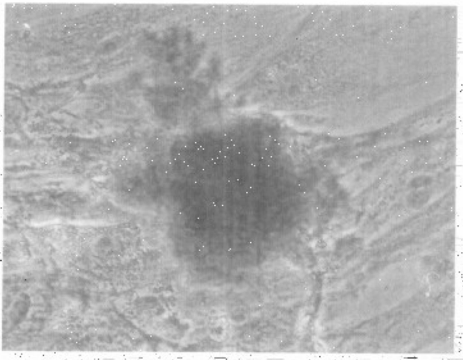


图 13-15 hUCMSCs 成骨诱导 14 天见成骨分化钙化结节形成（茜素红染色，×100）

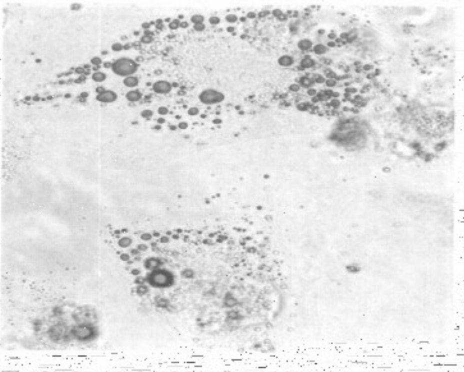


图 13-16 hUCMSCs 成脂诱导第 14 天见胞质内有脂滴形成（油红 O 染色，×400）

转导途径可能主要通过 IGF-IR→胰岛素受体底物-1（IRS-1）磷酸化→SHC 接头蛋白→生长因子结合蛋白（Grb2）→鸟苷二磷酸释放因子（SOS）→Ras 蛋白→Raf-1 蛋白激酶→脂肪细胞特异基因途径的转录。除上述信号转导通路外，促分裂原活化的蛋白激酶通路也是调控脂肪细胞分化的一条重要信号转导通路，它对脂肪细胞分化的调控复杂多样，且贯穿整个分化过程。

（四）脐血干细胞

1 脐血干细胞的发现及其生物学特征 Erices 等于 2000 年首次报道了从脐带血中分离培养出间充质样细胞（mesenchymal-like cell，MLC），他在培养的 29 份标本中有 7 份表现为间充质样细胞，其免疫表型和功能特点与骨髓间充质干细胞极为类似。Yu 等培养了中期妊娠（16～28 周）孕妇的胎儿血和足月分娩胎儿的脐带血，前者可以得到间充质干细胞（MSCs），而后者只得到异质性的贴壁细胞，表达 CD45，表明属于造血细胞。Karen-Bieback 等则通过实验证明了足月分娩胎儿的脐带血中有 MSCs 的存在，而且探究了 MSCs 的分离与脐血采集量、保存时间、单个核细胞数以及是否发生凝血和溶血有关。Lee 等应用梯度离心法从脐带血中分离到 MSCs，并对其性质进行了初步鉴定，再次证实脐带血中存在 MSCs。体外培养的脐带血 MSCs 的形态与骨髓 MSCs 相似，呈长梭形或纺锤形，细胞培养传至第三代时即可见大量均一的成纤维状贴壁细胞。脐带血-MSCs 具有很强的增殖能力，据统计 6.6×10^5 个脐带血原代 MSCs 在体外扩增 10 代后可获得 9.9×10^8 个细胞，扩增约 1500 倍。脐带血 MSCs 稳定地表达与 MSCs 相关联的 CD13、CD29、CD44、CD90、CD105（SH2）、CD73（SH3、SH4）抗原（SH2、SH3、SH4 为 MSCs 相关性抗原），但不表达与造血及内皮细胞有关的 CD14、CD34、CD45、CD31 表面抗原。Lee 等用 RT-PCR 技术分析脐带血 MSCs，发现其表达多向分化基因：SDF2F、NeuroD 及血管内皮生长因子受体（VEGF2R1）等。同时许多实验也验证了脐带血 MSCs 在不同的诱导条件下具有向成骨细胞、脂肪细胞、神经细胞、骨骼肌细胞等分化的能力。

2 脐带血的采集方法及脐带血 MSCs 的分离、培养、纯化及扩增 脐带血的采集方法目前常用的是脐静脉穿刺法。选择无各种产科并发症的产妇，待健康足月胎儿娩出后，在距胎儿 5～7cm 的脐带处进行双结扎，剪断脐带，消毒母侧脐带断端，用已消毒的注射器或负压采血袋（已用 20U/ml 肝素抗凝）穿刺脐静脉，抽取 50ml 左右的脐带血，4℃冰箱保存，不需要特殊处理，并于 12 小时内进行分离。

目前，在分离脐带血 MSCs 方面尚无统一的方法，可根据不同的实验条件可选用不同的方法：①密度梯度离心法：采用 Percoll 或者 Ficoll 分离液来分离细胞。该方法所获得的MSCs 大小均匀，

纯度较高,有效,且成本低廉。②贴壁筛选法:依据 MSCs 易贴附在塑料培养物上生长的特性将其与非贴壁细胞分离。③流式细胞仪分离法:根据间充质干细胞大小不同或细胞表面的一些特殊标志,采用流式细胞仪对其进行分选。该方法可获得较为纯化的间充质干细胞,但是分离过程对细胞活性影响较大,且实验条件要求较高,所需的标本量大,因此没有广泛使用。④免疫磁珠分离法:利用表面覆有特异性抗体的磁珠与间充质干细胞结合,再利用永久磁铁将间充质干细胞吸引分离出来。该方法分离出的细胞纯度较高,但价格昂贵,难以推广。

将脐血干细胞置于在干细胞专用培养基(Mesencult TM)或 DMEM 培养基(调 pH 至偏酸性),加 10%～20%的胎牛血清(FBS),置于 37℃、5%CO_2 孵箱内培养,在接种 4～7 天后出现贴壁的间充质样细胞。至于培养扩增脐带血 MSCs 的方案,目前还不十分完善。Shetty 等将含人脐带血血清的 DMEM/F12 培养基与含胎牛血清的 DMEM/F12 培养基进行了对比,证实不同来源的 MSCs 在含人脐带血血清的 DMEM/F12 培养基中培养有更大的增殖能力,在培养 MSCs 方面更高效。

3 脐带血 MSCs 成脂分化及调控脂肪细胞分化的信号转导途径 脐带血 MSCs 可在地塞米松、胰岛素、1-甲基-3-异丁基黄嘌呤、吲哚美辛体外诱导下分化成脂肪细胞。脂肪细胞的成脂分化必须经历由多能干细胞→脂肪母细胞→前脂肪细胞→不成熟脂肪细胞→成熟脂肪细胞的过程。脐带血 MSCs 在向脂肪细胞诱导分化的过程中,在体外实验性诱导剂、生物活性因子、寒冷、激素等因素刺激下逐渐分化为单能干细胞,即脂肪母细胞,它保持着干细胞增殖活跃的特性,然后再进一步分化为前脂肪细胞,前脂肪细胞在经历细胞融合、接触抑制和克隆扩增等步骤后继续启动向成熟脂肪细胞分化的过程,并在胰岛素、地塞米松、1-甲基-3-异丁基黄嘌呤等诱导剂协同作用下最终分化为成熟的脂肪细胞。

(五) 造血干细胞

造血干细胞是研究最深入、最成熟的组织干细胞。在胚胎发育过程中,造血干细胞在胚胎的早期就已出现,源于主动脉旁-胚脏壁和主动脉-性腺-中肾区,逐步迁移到卵黄囊、肝脏、脾脏及骨髓。出生后造血干细胞主要储存于骨髓,使用造血生长因子可动员造血干细胞到外周血,然后从外周血采集。因此,造血干细胞来源广泛,易于采集和分离纯化,有重要的临床价值。随着造血生长因子的不断出现,造血干细胞在不同的细胞因子作用下能够进行体外扩增和向红系、粒系、巨核系等不同血细胞定向分化。目前研究较清楚的造血生长因子有红系的红细胞生成素(EPO),粒系的粒细胞集落刺激因子(G-CSF)、巨噬细胞集落刺激因子(M-CSF)、粒细胞-巨噬细胞集落刺激因子(GM-CSF),巨核系的血小板生成素(TPO)等。

(六) 神经干细胞(NSC)

NSC 也是一类重要的组织干细胞,分布于成人及胚胎的中枢及周围神经系统。在生长因子、神经递质、激素及损伤、环境因素的刺激下,可分化为不同类型的神经元、星形胶质细胞和少突胶质细胞。程映华等将神经干细胞与壳聚糖组成组织工程支架复合物修复大鼠脊髓损伤,结果显示神经干细胞能存活、迁移并分化成多种形态的神经组织细胞,并诱导神经轴突向复合材料内生长。神经干细胞也是具有多向分化潜能的组织干细胞。有报道认为神经外胚层来源的神经干细胞能分化为中胚层来源的细胞如肌细胞,还可分化为造血细胞。目前研究人员对 NSC 进行体外的分离培养,已经发现控制 NSC 分化成神经元和胶质细胞的因子,如神经胶质生长因子(glial growth factor,GGF)可以促使外周神经干细胞分化为雪旺细胞,BMP-2、BMP-4 可以促进神经组织发育;睫状神经营养因子(ciliary neurotrophic factor,CNTF)能使中枢神经干细胞分化为星形胶质细胞。上述研究结果表明 NSC 有望成为神经系统疾病替代治疗的主要细胞来源。

（七）其他

一些来源于肝脏和胰腺的细胞表现出干细胞样的特性。肝脏组织干细胞的一些特殊的亚型已经在胎鼠和新生鼠肝细胞的长期原代培养过程中发现，甚至成年鼠肝脏组织中也有干细胞存在，这些细胞经过69次传代后，仍具有向肝细胞分化的潜能。在研究中还发现高度增殖的卵形细胞可分化成肝细胞和胆管细胞谱系。

产生胰岛细胞的干细胞已经从糖尿病前期鼠胰腺中分离出来，对其进行长期培养后，可以分化成不成熟的胰岛样结构，含有表达低水平胰岛素、对葡萄糖无反应的细胞。

三、种子细胞研究存在的挑战及展望

虽然种子细胞的研究已经取得了令人瞩目的成就，但还有许多难题有待解决：①上述各种类型的种子细胞可以分化为各种类型的细胞，但在细胞培养过程中如何避免其分化为不需要的细胞，而保证其向特定类型的细胞分化，就需要明确使细胞向特定细胞分化的基因和环境信号，而这方面的研究还不够深入。②小鼠胚胎干细胞注入成年鼠皮下可以形成畸胎瘤，那么，分化后的其他种子细胞在宿主体内是否不具有致瘤性还有待进一步研究。③如何分离极为纯化的种子细胞。造血干细胞因其具有明确的表面标记，使其能在众多混杂的细胞群体中分离出来，但尚有很多其他类型的干细胞并无确切的表面标记或识别方法，这就为其分离纯化带来一定的难度。④如何获得组织工程所需要的种子细胞的数量，使其能够构成组织器官并且充分满足实验及临床需要。⑤组织工程的目标之一是能够制造功能完善的器官，但器官的形成是一个非常复杂的三维过程，而且器官往往由两个以上不同的组织构成（例如肺中有肌组织、血管和结缔组织）。因此一个完整的器官就需要多种干细胞分化成多种细胞组织并相互作用才能形成。这使我们不得不提出这样的问题：这些细胞组织的作用能否相辅相成而不相互排斥？另外，即使构建了器官，但在离体培养过程中，怎样保证器官中的每个细胞能够获得营养、排泄代谢废物并维持其正常的生理功能？器官如何进行体外保存和维持也是组织工程研究领域中亟待解决的难题。

尽管组织工程研究的道路困难重重，但是，有难度才有更新更好的突破。相信在21世纪生命科学的时代，组织工程作为一门新兴的生物技术必将具有广阔的应用前景。随着组织工程种子细胞研究的不断向深度和广度扩展，人类对组织工程种子细胞的了解也将更加全面，人类再造人体组织和器官的梦想最终也将会实现。

第三节 细胞支架材料与脂肪组织工程

一、细胞支架材料在脂肪组织工程中应用的基本思路

（一）细胞支架材料应用于脂肪组织工程的历史背景及提出

回顾组织工程的发展历史，最具有革命性的思路就是将生物材料的概念引入组织工程的研究中。生物材料为种子细胞提供了适合其生长、基质合成及发挥其他功能的生物学空间，克服了以往单一的细胞移植中细胞不易成活、基质合成能力低下等缺点，为组织工程化组织的构建提供了细胞载体与组织结构支架。

生物材料（biomaterials）在医学领域中又称为生物医用材料（biomedical materials），是指用于生

理系统疾病的诊断、治疗、修复或替换生物体组织或器官，增进或恢复其功能的材料。用于组织工程种子细胞载体的生物材料以可降解材料为最佳。

组织工程是将体外培养扩增的正常组织细胞吸附于一种生物相容性良好并可被机体吸收的生物材料上形成细胞-生物材料复合物，并将其植入机体组织、器官的病损部位，在生物材料逐渐被机体吸收降解的过程中，组织细胞则形成新的具有形态和功能的相应组织或器官，达到修复创伤和器官重建的目的。因此，从形态、结构和功能上对具有功能障碍的组织、器官进行替换是组织工程的根本目标，组织工程学的核心是建立由细胞和生物材料构成的三维空间复合体。

组织工程的核心内容之一是寻找具有组织再生潜力的支架材料，而理想的支架材料应具备良好的生物相容性、良好的生物降解性、三维立体多孔结构及良好的材料——细胞界面。

脂肪组织工程在这一新兴领域的研究基本思路是：将可诱导为脂肪细胞的干细胞种植于具有一定生物学特性的并在人体内可逐步降解的支架材料上，经三维立体培养，形成细胞-生物材料复合物，移入机体，在支架材料逐步被人体降解吸收的同时，细胞不断增殖并分泌基质，最终形成新的具有与原功能和形态相同的脂肪组织或器官，进而达到充填缺损、丰盈恢复受损器官的功能。在这一过程中，支架材料的选择是脂肪重建的关键所在。

（二）组织工程化脂肪组织的基本要素

一个成功的组织工程化脂肪组织的构建方案需要包括以下几个方面：①种子细胞的获取；②与种子细胞有良好生物相容性的三维支架，且该支架可根据实际需要调整体积和形态；③具有调控细胞生长及分化的细胞因子；④包含有足够的血液供应并能被转移到缺损区域。

总之，构建基因活化基质（gene activated matrix，GAM）是组织工程化脂肪组织必不可少的一步，即利用高分子材料作为遗传物质的支架并植入脂肪缺损部位。GAM 提供了一个多孔的支架供细胞长入，本身均能降解，可以实现目的基因在局部较长时间表达，支架可以直接承载基因质粒与转染试剂的混合物。

（三）细胞支架材料应用于脂肪组织工程的基本要求

关于生物材料的安全评价，不少国家制定了各种评价方法和要求，其中最有代表性的是国际标准组织（ISO）先后制定的不同的评价要求和规定，以 10993 编号发布了 21 个相关标准，我国据此转化为国家标准（GB/T）16886 系列标准。目前国际上通用的高分子材料安全评价项目有细胞毒性试验，皮肤刺激试验，全身急性、亚急性、慢性毒性试验，皮内试验，热原试验，植入试验，黏膜刺激试验，血液兼容性评价试验，组织细胞的黏附性和增殖性试验等。要求用于体内植入的生物材料应达到如下标准：生物材料应该对人体无毒性、无致敏性、无刺激性、无遗传毒性和无致癌性，对人体组织、血液、免疫等系统不产生不良反应。当然，在实际的科学研究应用中，完全没有不良作用的材料是很难找到的，因此，必须尽量降低材料的不良作用，使其在人体的耐受范围内。由于生物材料与人体组织直接接触，所以对材料表面有较高的要求。

为了成功地实现上述目标，对脂肪组织工程的细胞支架材料提出了明确的要求和条件：

1 应用于脂肪组织工程的细胞支架材料必须具有生物降解性和一定的降解速度，并具有良好的生物相容性及细胞亲和性。由于细胞支架是为细胞增殖营造环境的，随着细胞的增殖而逐渐降解、消失，将空间让位于细胞，使所形成的组织和器官具有细胞支架相似的几何形状，因此，作为细胞支架的高分子材料必须具有生物降解性，即在生理或体内环境下，组成材料的高分子链能自动断裂，由此形成的小分子能逐渐被机体代谢或吸收。此外，还要求材料的降解速度与细胞的增殖速度相匹配，以及由降解所形成的小分子不对细胞增殖产生不利影响。

2 脂肪组织工程的细胞支架要具有一定的力学性能，即除了应有在细胞培养操作中保持形

状、不会破碎的力学强度外，从临床应用出发，细胞支架还必须具有一定的柔韧性，能与机体缝合及贴合，不会对机体组织形成机械损伤的力学性能。

3 是脂肪组织工程的细胞支架要具有可加工性、可消毒性及抗凝血性。

二、细胞支架应用于脂肪组织工程的研究状况

目前用于脂肪组织工程研究的生物学材料主要有以下几种：

（一）胶原蛋白支架材料

1 胶原的起源及类型 胶原的英文名 collagen 源自希腊文，意思是"生成胶的产物"，大约引用于 1865 年。1893 年的《牛津大辞典》给 collagen 的定义是"结缔组织的组成成分，煮沸时产生胶质"。以后随着生物化学的进展，Gross 首先命名构建胶原纤维的蛋白质单体为 tropocollagen。现今胶原的科学定义是"细胞外基质(ECM)的结构蛋白质，分子中至少应有一个结构域具有 α 链组成的三股螺旋构象(即胶原域)"。胶原域的氨基酸序列中有 Gly-X-Y 重复三联体，富含亚氨基酸，X 位多为脯氨酸，Y 位多为羟脯氨酸。

迄今为止人们已确定了 19 种不同基因的胶原类型，以发现的时间顺序冠以罗马字母命名。其中容易分离出来且产量较高的只有 5 种胶原，但只有从动物皮肤或跟腱中提取的Ⅰ型胶原的价格人们才可以接受；其他类型的胶原如Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ等仅在研究中制备，由于价格昂贵不宜于大量生产。

2 胶原的主要特性

（1）低免疫原性：胶原作为医用移植材料最重要的特点在于其免疫惰性。与其他具有免疫性的蛋白质相比，胶原的免疫原性非常低，特别是在胶原以胶原组织和纯化胶原形式使用时，这一优势更为明显。

（2）良好的生物相容性：胶原材料无论是在被吸收前作为新组织的支架，还是被吸收同化成为宿主组织的一部分，都与细胞周围的基质有着良好的相互作用，表现出相互影响的协调性，并成为细胞与组织正常生理功能的一部分。

（3）细胞适应性和细胞增殖作用：胶原可与细胞相互作用并能影响细胞形态，各种细胞可在体内及体外直接或间接与不同类型的胶原作用，并通过这种作用控制细胞的形态、运动、骨架组装及细胞增殖与分化；胶原有利于细胞的存活和生长，不仅能促进细胞的增殖分化，而且对细胞的分裂功能也有影响。

（4）促进血小板凝集：胶原的天然结构尤其是足够发达的四级结构是其具有凝血能力的基础。胶原的止血功能通过两方面发挥作用：促进血小板凝聚和血浆结块，促使血小板凝聚形成血栓，进而使血浆结块阻止流血。

（5）纤维的再形成性：经纯化的可溶性胶原在胶原生物材料中占有重要地位，其主要性质之一是可在体外再次形成与天然胶原纤维相似的有序纤维状结构，且免疫原性被大大减弱，从而有利于细胞-基质间的相互作用。

（6）机械性能好：胶原纤维具有很高的机械强度的重要原因在于其中的天然交联，在制备组织胶原装置时应尽量加以保留；还应尽可能地保留其中的蛋白多糖，以维持胶原固有的卷曲。胶原的这种结构特点有利于组织在受到外力作用时能量的耗散，使胶原避免破裂。

（7）可生物降解性：胶原具有紧密牢固的螺旋结构，绝大多数蛋白酶只能切断胶原侧链，只有特定的蛋白酶在特定的条件才能破坏胶原肽键。肽键一旦断裂，胶原的螺旋结构随即被破坏，断裂的胶原的多肽就被蛋白酶彻底水解。此外，细胞吞噬作用在胶原的降解中具有不可忽视的意义。

PDG

3 胶原支架材料的研究应用　由于胶原具有与牛血清培养基中矿物质等相结合的特点，自1956年胶原被发现以来，就常被用作细胞培养的优秀基质。胶原作贴壁培养的效果明显优于普通玻璃和塑料基底，其上附着的细胞可以是角化细胞、成纤维细胞、内皮细胞及成骨细胞等。近年国内外以胶原材料作基质培养细胞的报道表明，胶原培养基不仅限于膜这一形式，海绵、珠体均可。白建平等应用胶原海绵作为软骨细胞生长的支架载体，通过体外培养和体内植入的方法探讨异位构建组织工程化软骨组织的可能性，最终得出胶原蛋白是软骨组织工程研究的良好细胞外基质材料的结论。

研究表明，胶原蛋白生物相容性好，降解速度可调，而且可参与组织修复，是一类优良的可引导组织再生的生物材料。Ⅰ型胶原作为体外细胞培养支架时，有促进细胞黏附和诱导生长分化的作用，是良好的培养黏附剂，其降解产物可被细胞利用合成新的基质，不产生毒性代谢产物，不影响内环境的pH，因此不会影响细胞的生长增殖。胶原蛋白及其相关制品并已广泛应用于临床医学中，并已被美国FDA批准作为人工皮肤材料。

在脂肪组织工程领域，国内目前在这方面的研究有张云松等应用Ⅰ型胶原与人体的脂肪干细胞联合培养。其方法是将细胞接种于胶原蛋白支架材料中，动态观察细胞在支架上黏附、伸展、生长、分裂的情况，计算细胞的黏附率。经检测，细胞的黏附率平均达97.9%，说明该支架对人脂肪间充质干细胞有良好的黏附性。用XTT法检测材料上细胞增殖情况，实验组和空白组随时间延长细胞活性逐渐增加，仍可保持正常的分裂增殖速度，两组之间相比未见显著性差异($P>0.05$)，表明人脂肪干细胞能在Ⅰ型胶原支架材料上良好地附着、生长、增殖并在三维支架材料内保持均匀分布。Ⅰ型胶原支架材料与人脂肪干细胞具有良好的体外生物相容性，可作为构建脂肪组织工程的细胞支架。

张云松的研究表明，Ⅰ型胶原材料与前脂肪细胞可融合生长，从鼠、兔及人类经吸脂获得的脂肪间充质细胞能分化为不同的中胚层细胞，包括肌细胞、软骨细胞和前脂肪细胞。为研究自体骨组织工程，他们通过吸脂获得人的ADSCs，并诱导成骨分化，在成骨培养基中培养4周，原代培养并传3代后，将细胞种植在二维的培养皿或三维的PLGA支架。结论证明了ADSCs的潜能，表明在三维PLGA支架中成骨细胞谱系，ADSCs作为种子细胞与Ⅰ型胶原固体支架和纤维蛋白可注射支架在体内成功构建脂肪组织(图13-17、图13-18)。

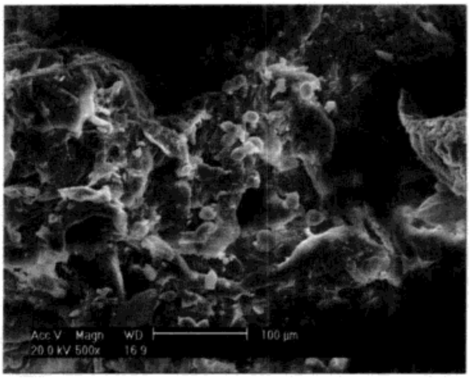


图13-17　ADSCs接种Ⅰ型胶原支架后3天(扫描电镜×500观察)

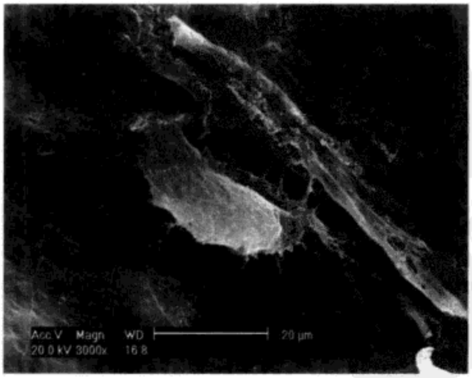


图13-18　ADSCs接种Ⅰ型胶原支架后7天(扫描电镜×3000观察)

（二）PLGA 支架材料

1 PLGA 支架材料的生物学特性 聚α羟基酸是单体特征官能团为羧基和α位的羟基的一类聚合物，主要包含聚乳酸（PLA）、聚羟基乙酸（PGA）和它们的共聚物聚乳酸-聚羟基乙酸（PLGA），其分子结构式如图 13-19 所示。聚α羟基酸由于具有良好的生物相容性已获得美国 FDA 批准，广泛应用于组织工程领域。PGA 从 20 世纪 60 年代开始便成功应用于医用缝合线领域。聚酯不溶于水，但在有水存在时会发生酯键断裂而水解，在体内首先降解成分子量较低的寡聚物；乳酸可以进一步降解为进入人体循环并排出的小分子（二氧化碳和水）；而羟基乙酸可以参与三羧酸循环或以尿液等形式排出体外。

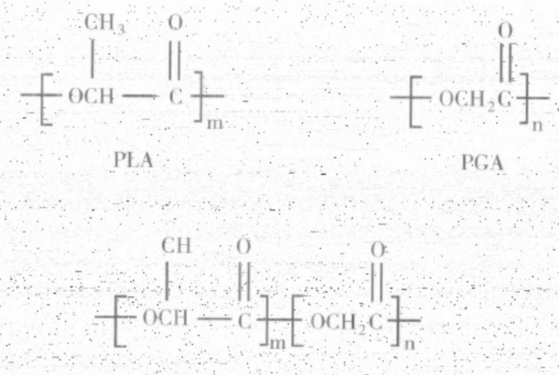


图 13-19 PLA、PGA 与 PLGA 的化学结构

聚α羟基酸的降解周期可以通过聚合物中乳酸（LA）和羟基乙酸（GA）的比例及聚合物结晶度、分子量、分子量分散系数等在较大范围内调节。单纯的聚羟基乙酸熔融温度为 220～225℃，玻璃化转变温度为 35～40℃，结晶度为 45%～55%，由于其高度的结晶性使得 PGA 不溶于大多数的有机溶剂，但可以溶解于六氟异丙醇 57。通过熔融纺丝可以获得高强度的 PGA 纤维，纤维编织后得到组织工程多孔支架。PGA 纤维具有较高的强度和模量，但是较脆，可以通过与其他分子共聚的方法降低其脆性。聚乳酸由于其中的一个氢被甲基取代而成为手性分子，存在 L 构型和 D 构型两个异构体，自然界中存在的乳酸为 L 构型。由两种不同的构型可以得到四种不同构型的聚合物：PLLA、PDLA、外消旋 PDLLA 和内消旋 PDLLA，比较常用的是 PLLA 和内消旋 PDLLA。PLLA 为半结晶性聚合物，PDLLA 为无定型聚合物。PLLA 由于结晶性的影响具有比无定型 PDLLA 更高的模量，可以用于支撑材料。PLLA 的降解速率比 PDLA 要慢得多，完全吸收需要 2 年以上。PLA 可以溶解于许多常用的有机溶剂，因此可以在溶剂辅助下进行加工。

PLGA 是 LA 和 GA 的共聚物，根据聚合物中 LA 和 GA 比例的不同，PLGA 的组成可以用 LA 和 GA 比值的方式来表示，如 PLGA85/15。通过改变 LA 和 GA 的共聚比例可以调节聚合物的降解速率。当聚合物中 GA 的含量在 25%～70%之间时，PLGA 为无定型聚合物。

有研究表明，PLGA 是通过孔隙间全连通的三维细胞支架，其自催化降解行为被明显抑制，支架的外观尺寸和孔隙率稳定，有利于获得外观尺寸稳定的工程化组织。组织工程用多孔三维细胞支架在细胞种植、黏附、分化、增殖、血管形成、组织生长过程中具有重要的作用，PLA、PGA 以及它们的共聚物 PLGA 等是常用的细胞支架材料。

2 PLGA 支架材料在脂肪组织工程领域的提出 研究发现，前脂肪细胞只有吸附于适当的支架上才能进行细胞迁移、增殖，实现组织形成与组织塑形，使工程化脂肪的组织能够恢复脂肪外形并代替其功能。虽然此类材料的发展极为迅速，但仅有几种获美国 FDA 批准（如 PLGA）。迄今为止，对前脂肪细胞为基础构建的组织工程复合体有效的生物材料支架的研究不多，主要为可降解的多孔聚合泡沫。例如，预先种植前脂肪细胞的 PLGA 支架，具有介导脂肪组织生成的能力，但是这种聚合泡沫因其过硬而不适于植入乳腺内，而且，通过体内与体外实验发现 PLGA 支架有利于大鼠前脂肪细胞生长与分化。Yuksel 等应用 PLGA 支架传送 IGF-1 与 bFGF，这两种活性因子释放可达 12 周，但对移植体的重量影响不大，主要影响其含有的细胞类型。

PLA 和 PLGA 类聚酯多孔支架在组织工程领域被广泛地用做临时的细胞外基质。多孔支架的降解行为对于新组织的再生和修复有着重要的意义，支架的降解速率会影响细胞的分化、生长甚至受体的反应。当多孔支架植入体内时，一方面支架需要提供足够的力学支撑和保持一定的几何外形，直到细胞适应其环境，分泌出足够的细胞外基质；另一方面，当这一过程完成后，人们希望支架可以降解为可以被机体吸收或排除的无害物质。理想支架的降解周期应该与组织再生的周期相当或比其略短。

3 PLGA 支架材料应用存在的难题 聚酯多孔支架的降解行为受多种因素的影响，主要分为两大类，一类是材料本身的结构和性质，如聚合物材料的分子量和分子量分布系数、共聚物的组成、结晶性和玻璃化转变温度等；另一类是降解环境的聚酯合成、Mark-Houwink 方程参数测定及降解影响，如介质、温度和 pH 等。由于聚酯降解周期较长，且多孔支架的降解速度比致密膜还要慢得多，在模拟体液环境下降解周期常常需要数月，给研究带来了困难。为此，建立体外降解模型，得到在不同条件下聚酯组织工程多孔支架降解特性间的关系，以推测模拟体液环境下的较为缓慢的降解行为，有助于对聚酯降解特性的研究。

4 PLGA 支架材料在脂肪组织工程的应用及研究 PLGA 支架多用于骨、软骨组织工程领域。李春明、刘毅等尝试采用 PLGA 为支架材料构建组织工程脂肪，其方法是以兔脂肪间充质干细胞为种子细胞，将其培养至第三代，接种于 PLGA 支架上，成脂诱导 1 周，移植于兔背部肩胛骨两侧皮下，分别于 4、8 周观察脂肪形成情况。结果显示，实验组植入 4 周后，该复合物在支架中有脂肪形成，并可见细胞突入支架材料中；8 周后支架材料继续降解，脂肪组织形成明显，伴有少量血管长入。对照组支架材料逐渐崩解，未见脂肪形成。由此得出结论：PLGA 可以作为构建组织工程脂肪的支架材料。

（三）丝纤维蛋白支架材料

蚕丝和蜘蛛丝作为两种主要的丝纤维蛋白，在组织工程和生物医学领域具有独特的研究意义。Hakimi 等的研究表明，采用丝纤维蛋白制备的三维多孔性支架材料能够支持干细胞的黏附、增殖以及在体内的分化，最终促进体内组织的修复，从而应用于组织工程研究中的骨组织、关节、软骨以及皮肤等领域。从蚕茧收集的蚕丝是研究蚕丝生物材料的主要来源，也是目前国内外研究报道比较多的一个领域；对蜘蛛丝纤维的应用研究又进一步为丝纤维蛋白在医药和组织工程学领域提供了广阔的发展空间。丝纤维（蚕丝和蛛丝）作为生物材料，其优点是具有良好的机械性能和对酶的耐受性，降解速度缓慢，通气性和药物渗透性高，丝蛋白还能够耐受很大的湿度和温度范围。所有的这些特性决定了丝纤维（蚕丝和蛛丝）将是具有研究潜力的生物支架材料。

有实验证实，将已培养 6 代的人成纤维细胞与重组蛛丝蛋白膜支架材料复合培养 2 天后，观察到成纤维细胞生长正常，形态呈梭形，与支架材料具有黏附现象，证明了重组蛛丝蛋白膜支架材料具有一定的促进细胞增殖的作用。

Meinel 等将丝素蛋白进行表面 RGD(Arg-Gly-Asp)修饰,与没有修饰的丝素蛋白和胶原作比较,观察其诱发的体内外炎症反应。体内炎症反应实验主要是将丝素蛋白膜、胶原膜、聚乳酸膜与大鼠骨髓间充质细胞复合培养后,植入大鼠的肌肉组织当中,6 周后取出材料进行观察。结果表明,丝素蛋白和经 RGD 修饰的丝素蛋白引起的炎症反应比胶原和 PLGA 引起的轻微,在移植物周围有成纤维细胞、少量血管、少量巨噬细胞存在。这一体内实验结果与 Dal 等进行的皮下组织反应实验结果相吻合,即丝素蛋白具有引起轻微炎症反应和长期的生物相容性这一特性。

丝蛋白的这一特征成为使其作为组织工程支架材料的比较理想的选择。笔者的实验室正在着力于丝素蛋白与脐带间充质干细胞融合生长的研究,相信这一研究结果会为脂肪组织工程带来新的启示。如何进一步改进丝支架材料的性能,使其适应不同细胞培养需要,仍是丝支架材料研究的一个重要方向;如何对丝蛋白进行修饰、改造,使得经过修饰改造后的丝蛋白能对特定的组织细胞具有吸附、支持和诱导其生长的能力,仍然需要研究者们不断地探索和研究。

(四)其他支架材料的研究应用现状

由于纤维结合素是一种有胶原结合结构域的细胞外基质蛋白,通过与整合素相互作用在细胞识别与细胞吸附中发挥效应,并且通过影响内皮细胞迁移增加血管形成,使脂肪生成增加。John 等首次应用一种培养的脂肪细胞-聚合物复合体(应用的脂肪细胞来自人与大鼠的脂肪组织),这种复合体由于表面涂覆纤维结合素,组织相容性好,不会引起炎症反应,可包埋在特定的解剖部位,便于进行移植后的观察,被成功地应用于面部美容手术。这种支架在临床广泛应用的另一个原因是其可用来传送内源性或基因工程生长因子,类似于较早的葡聚糖微粒,所以,由此构建的脂肪细胞-聚合物脂肪复合体可修复组织缺损并促进创面愈合。

为了提高移植体的成活率,一些研究人员正在构建含有生物活性区域的生物降解聚合物支架、可模拟天然细胞外基质。其中有一种支架包含有由精氨酸、甘氨酸及天冬酰胺组成的短肽 RGD,许多正常的细胞通过与 RGD 结合而黏附在纤维粘连素上,因而包含 RGD 的聚合物可能为细胞提供一个更为自然的环境。目前已成功地将藻酸盐凝胶与 RGD 结合后注入大鼠模型,观测到血管生成明显增加。虽然短期的研究表明,在可降解聚合物支架内部有脂肪组织形成,但是这种脂肪组织是否可长期维持尚待研究。

又有学者发现,在构建工程化脂肪组织过程中,透明质酸及藻酸盐凝胶可作为一种生物活性基质,但是还有许多问题尚待解决,尤其是对组织特异性生物活性材料的开发。有学者在聚四氟乙烯支架表面应用不同的 ECM 成分,前脂肪细胞均可吸附到支架上并增殖。在纤维蛋白凝胶中也观察到了前脂肪细胞的增殖与分化现象。可注射材料以其固有的力学特性而用于软组织缺陷的充填及乳房造型,但适宜于乳腺的组织工程支架尚未找到。目前正在研究透明质酸与藻酸盐凝胶支架在临床上的应用。

脂肪组织工程目前尚未确定最佳的支架材料,对支架材料的选择处于探索阶段。如何研制出理想的适于脂肪组织工程的支架材料,还有待于进一步的比较、筛选和研究。脂肪组织工程中的几种支架材料,如胶原材料、PLGA、丝蛋白等,目前探索尝试的主要是适于前脂肪细胞生长的支架材料。

此外,还需要对生物支架所选择的材料进行表面修饰,对生物材料的仿生化、对表面组构化、组织构造及空隙率进行分析。对于不同部位的脂肪组织是否选择不同的数值尚待研究。临床应用前尚需要对各种材料的力学性能、降解的具体过程、对不同细胞的生物学影响、应用到人体具有的适应证及并发症等进行进一步的研究。相信随着有机材料科学及生物科学的发展,这些问题都将逐步解决,生物材料广泛用于临床将指日可待。

第四节 生长因子与脂肪组织工程

众所周知，临床上进行任何移植都必须考虑到血液供应，移植物只有获得了充分的血供才能生存。机体的脂肪组织是高度血管化的组织，其中，血液供应和毛细血管的密度是骨骼肌组织的2～3倍。据报道，每个脂肪细胞都至少和一根毛细血管相接触，在脂肪组织中，脂肪细胞与微血管内皮细胞相互作用，共同调节脂肪组织的生长。微血管内皮细胞释放促有丝分裂因子，刺激脂肪细胞增生；而脂肪细胞又释放一些信号（可能是某种蛋白酶），通过抑制内皮细胞释放的促有丝分裂因子（使其失活）来抑制自身生长。新生的毛细血管为脂肪组织提供丰富的血供，带来激素、生长因子和能量物质，为脂肪组织的生长提供必要的条件；而脂肪组织又会限制毛细血管的过度增生，保持两者的平衡。这说明对于脂肪组织的构建，一个良好的血液供应是最基本的要求。

生长因子是成功构建组织工程脂肪必不可少的三大要素之一，它不仅可调控脂肪细胞的分化，而且可加速移植体新生血管生成，提高移植的种子细胞的成活率。

在血管形成和再生中发挥重要作用的细胞因子主要有三类：①对血管形成和再生直接发挥作用且仅以内皮细胞为靶细胞的生长因子，包括血管内皮生长因子和血管生成素；②对血管形成和再生直接发挥作用的生长因子，其靶细胞为包括内皮细胞在内的多种与血管形成相关的细胞，包括多种细胞因子、趋化因子，典型代表为成纤维细胞生长因子；③对血管形成和再生间接发挥作用的各种细胞因子，它们主要是通过诱导以上两类因子释放量的增加而刺激血管形成，包括转化生长因子-β和血小板衍生生长因子等。

一、碱性成纤维细胞生长因子

碱性成纤维细胞生长因子（bFGF）是成纤维细胞生长因子（FGF）家族中的一员，是血管生长因子家族的重要成员之一。其等电点为9.6，碱性，对热和酸敏感，易被蛋白酶降解，与肝素有特异性亲和力。bFGF是一种具有广泛作用的生物活性物质，对血管内皮细胞有明显的促分裂和增殖作用，它对新生血管形成的多个环节，如毛细血管基底膜降解、内皮细胞迁移增生、胶原合成及小血管形成等均有明显的促进作用。此外，bFGF（10ng/ml）对前脂肪细胞的增殖和分化可能起促进作用。

二、血管内皮生长因子

血管内皮生长因子（VEGF）也称血管通透因子，它有促进内皮增生、增强血管通透性、改变细胞外基质、加速新血管形成的作用。血管生成是VEGF的主要作用方式。VEGF中的分泌型可溶性蛋白能直接作用于血管内皮细胞促进其增殖，从而促进血管的形成和生长，增加血管的通透性。刘宇兰等用携带VEGF的裸质粒直接在移植脂肪内注射，可在移植物内表达具有生物活性VEGF，从而促进微血管的形成，减少脂肪吸收率，提高远期效果。易成刚等证明血管内皮细胞生长因子基因转染血管内皮祖细胞移植能促进移植脂肪新生血管生成，提高移植颗粒脂肪的存活率。

三、血管生成素-1

血管生成素-1（Ang-1）是Davi在1996年利用分子克隆技术发现的一种由498个氨基酸所组

成、分子质量为70kD的糖蛋白，在血管平滑肌细胞或其他血管周围细胞表达。Ang-1的主要生物学功能有：①促进内皮细胞出芽、迁移、趋化和聚集，形成原始的管状结构；②抑制内皮细胞凋亡；③维持并稳定血管；④抗炎。与其结合的Tie-2受体是特异性表达于内皮细胞和某些造血祖细胞酪氨酸激酶型受体。研究表明，Tie-2在各级血管内皮细胞中均表达，尤其是在卵泡成熟、创伤修复等血管生成活跃的部位大量表达，其作用在于维持成熟血管的稳定，并参与内皮细胞新生血管化过程，Tie-2缺陷将导致血管生成障碍。在自体脂肪移植过程中，郭杰等实验证明一定浓度的Ang-1起到了促进移植体早期血管形成的作用，从而可以提高自体脂肪移植成的活率。

四、瘦素

瘦素(leptin)来源于希腊语leptos，意为瘦素，也有人称之为消脂素或苗条因子。近年研究发现瘦素是包含146个氨基酸、分子质量为16kD的单链蛋白质，由肥胖基因编码，脂肪细胞合成释放。瘦素是一种被证实的新的血管增生刺激因子，对它的认识还刚刚起步。由于瘦素主要由脂肪细胞分泌并通过旁分泌的形式作用于内皮细胞，它在颗粒脂肪移植的研究中具有特殊的意义。国外研究瘦素发挥其促进血管增生作用的途径有两种：一是直接作用于血管内皮细胞和血管平滑肌细胞上的瘦素受体，二是通过内源性血管增生刺激因子间接完成。起中间作用的内源性因子有VEGF、FGF等。国内王友彬等的研究结果表明，提高移植脂肪组织瘦素水平，对移植颗粒组织的血管增生有一定程度的促进作用，而且这种作用还可能与局部浓度有关。经瘦素处理的颗粒脂肪组织，移植10天后血管密度最大，而且明显大于生理盐水处理组的血管密度；但在移植20天后，瘦素处理组织的血管密度却呈降低趋势，在移植40天后和盐水处理组差异无显著性。这说明瘦素的血管增生刺激作用与浓度呈相关性，至于其发挥作用的浓度范围，还需要进一步的研究确定。

五、肝细胞生长因子

肝细胞生长因子(HGF)是一种间充质合成和分泌的多效质性细胞因子，分子质量为103kD。成熟的HGF由分子质量69kD的A链和分子质量34kD的B链通过二硫键连接形成的异二聚体。A链有一个N端和四个Kringle结构域，B链包含一个丝氨酸蛋白酶样结构。HGF是一种多功能的细胞因子，细胞膜上有特异性c-Met受体，从而发挥多种生物学效应。HGF的主要功能有：①具有促进血管内皮细胞增生和新生血管形成的作用。一般认为在血管生成过程中，内皮细胞需要表现出一系列特殊、复杂的行为，包括增殖、迁移、细胞间互相黏着、排成直线以及形成开放的腔样结构。在兔与小鼠缺血模型中，HGF能刺激新生血管生成，且不论在体内还是体外试验，HGF的血管生成活性比VEGF及bFGF更为强大。②可促进组织细胞的发生、生存和再生，抑制细胞凋亡。周一军等证明，HGF干预后可显著降低不同时间的内皮细胞凋亡率，且内皮细胞抗凋亡基因Bcl-2表达明显升高，而促凋亡基因Bax表达无明显变化。Gopalkr Ishnapilla I. B.等研究发现，HGF能够抑制高糖环境下内皮细胞的程序性死亡(凋亡)，促进血管内皮细胞再修复。③能调节胶原纤维的合成和炎性反应，在促进创伤愈合与防治组织纤维化中起着重要的作用。Traktueue等证实脂肪细胞能分泌大量的HGF，使得移植脂肪能够存活，并预测脂肪移植将来在修复组织缺损中将扮演重要的角色。Shingemura等研究发现，在体外培养的脂肪干细胞分泌的HGF明显多于其他生长因子，将脂肪干细胞移植到肺气肿动物模型的损伤肺泡中，损伤肺组织中的HGF表达时间持续达4周，能修复损伤肺泡的上皮细胞，改善肺通气。HGF能促进血管内皮细胞等的增生与分裂，并且其血管生物活性要强于VEGF和FGF，在人和大鼠的内皮细胞培养液中加入外源性的HGF，8天后血管内皮细胞的数量增加16倍。

第五节　组织工程脂肪的构建与移植

一、概述

组织工程学是20世纪80年代末期发展起来的一门新兴边缘学科。组织工程为组织再生提供了有效途径，临床上软组织缺损的巨大需要也促进了组织工程在脂肪组织再生方面的研究。

为了满足美容或医疗需要，世界上每年有大量的患者需要进行脂肪组织移植。在美容方面，患者需要利用植入的脂肪组织来恢复或改善组织的饱满度，如对面颊和下颚进行的美容重建；更重要的在于医学方面的需求，因为烧伤、手术后损伤、乳房肿瘤切除术、艾滋病感染甚至一些遗传疾病引起的脂肪组织的缺损必须通过软组织植入来治疗。因此，脂肪组织瓣、胶原注射剂、真皮移植、人工合成材料以及游离脂肪组织移植都被广泛应用于临床工作中。但人工合成材料易产生异物排斥反应，自体组织移植常带来供区的继发畸形，临床最常采用的游离脂肪组织移植又面临着移植物再吸收、纤维组织替代和油脂囊肿形成、移植数月后逐渐丧失脂肪细胞特性等问题。而组织工程脂肪构建是将具有脂肪生成功能的细胞与具有生物降解功能的聚合物支架相结合，从而构建脂肪组织的方法。目前，国内这方面的研究甚少，国外对于构建组织工程脂肪的研究尚处于起步阶段，已有利用前脂肪细胞及间充质干细胞与支架结合，成功地构建出脂肪组织的报道。

如前所述，成功构建组织工程脂肪组织的方案一般包括以下几个方面：①种子细胞的获取；②与种子细胞具有良好生物相容性的三维支架材料，并且该支架材料可以根据实际需要调整体积和形态；③调控脂肪细胞生长及分化的细胞因子；④包含有足够的血液供应并能被转移到缺损区域。这就是组织工程的三个基本要素（细胞、支架、微环境）以及有关组织加强的策略。

（一）种子细胞的来源

种子细胞是组织工程的核心，它是再生新组织的源泉。增殖和功能是组织工程种子细胞的两个最主要的细胞生物学指标。脂肪组织工程种子细胞的功能主要是指其成脂能力。脂肪细胞虽然是脂肪组织中的主要细胞（占脂肪组织中细胞总数的1/3～1/2），但由于其为终末分化细胞，体内及体外培养条件下都无分裂增殖能力，故人们对脂肪组织工程种子细胞的选择倾向于具有增殖能力，且能诱导成脂分化的前脂肪细胞及间充质干细胞。

1 前脂肪细胞　对前脂肪细胞的理解及控制与脂肪组织再生技术的发展密切相关。由于前脂肪细胞不含脂滴，体积小，有促血管生成的特性，在细胞的收集与移植过程中比成熟的脂肪细胞更能耐受缺血与创伤，在脂肪移植后的缺血期，使单个细胞比块状脂肪更易通过细胞融合而成活。而且，前脂肪细胞在常规培养条件下即可生长（目前已可以常规培养人、鼠及猪的前脂肪细胞）。合适的条件下，前脂肪细胞在体内与体外均可以增殖，并分化为成熟脂肪细胞，由此构建的组织工程脂肪复合体组织相容性好，成活率高，远期效果好，吸收少，使其成为构建组织工程脂肪复合体的理想种子细胞。

2 间充质干细胞（MSCs）　间充质干细胞是来源于发育早期中胚层和外胚层的一类多能干细胞，因其在组织工程、造血干细胞移植以及基因治疗领域的潜在应用，成为干细胞研究的热点。

（1）骨髓间充质干细胞：骨髓是人体造血的重要场所，骨髓中除造血干细胞外，还存在另外一群可向非造血细胞分化的干细胞，即骨髓间充质干细胞（BMSCs），也称骨髓基质来源干细胞；又因

其具有成纤维细胞样外观，因此亦称为集落形成单位成纤维细胞。BMSCs具有来源充足、容易获取、易于培养和自体移植，不存在伦理问题、道德和法律争议等特点，克服了胚胎干细胞的弊端，在美容整形外科有广阔的应用前景。

（2）脂肪源性干细胞：脂肪源性干细胞（ADSCs）又称脂肪间充质干细胞，开始是从抽脂手术中获得的，所以曾经被称为抽吸术脂肪细胞，它与骨髓基质中存在的间充质干细胞一样，具有自我更新、活力持久及多向分化潜能等干细胞特征，并具有稳定生长和增殖的能力，在不同诱导方案下可定向分化为各种中胚层细胞，如脂肪细胞、成骨细胞、软骨细胞、心肌细胞甚至神经细胞，因此，将抽吸术脂肪细胞称为脂肪间充质干细胞。脂肪间充质干细胞以其自体来源、低免疫性、可从脂肪组织抽吸物中大量分离获取（平均每300ml抽吸脂肪组织中可得到2×10^8～6×10^8个细胞）、多向分化等特点，成为种子细胞研究的新热点。

（3）脐带间充质干细胞：胚胎干细胞的多项分化潜能虽在理论上有较高的评价，可用于异体移植，但存在伦理上的限制。胎盘与脐带属于胚胎外组织，含有大量多向分化的干细胞，细胞生长扩增速度快，且胎盘及脐带在胎儿娩出后均成为废弃物，则无伦理问题。有研究发现，异体来源的成人MSCs只表达MHC-Ⅰ，而不表达MHC-Ⅱ，有望用于异体移植修复缺损组织。脐带间充质干细胞（hUCMSCs）是存在于脐带沃顿胶和血管周围组织中的一种干细胞。脐带富含hUCMSCs，脐带的胶状连接组织沃顿胶由成纤维细胞、胶原纤维及蛋白多糖组成；hUCMSCs在体外分离扩增，具有自我更新和多向分化潜能，且来源广泛，便于取材，对供者无不利影响，这为细胞治疗及组织工程带来了新的曙光。

（二）支架材料

1 支架材料的选择　要成功构建具备三维结构的脂肪组织，选择适当的支架材料是必不可少的。支架材料能为种子细胞提供贴附场所，而且决定最终构建的脂肪组织的形状，因此它的理化特性是需要考虑的非常重要的因素。支架必须选择生物相容性可降解的材料，而且对于材料的降解和吸收也是有严格要求的。材料降解后不应该产生任何毒素而且降解的时间必须严格控制，如果材料降解过慢，生物支架将阻碍脂肪细胞及血管的生长；相反，如果材料降解过快，构建的组织将失去预期的三维外形。同时，支架材料的微结构对于控制细胞生长和组织降解非常重要，生物材料孔隙的大小和密度对于细胞贴附、生长、血管的长入、营养组织的渗透等都有非常重大的影响。5μm的孔隙直径最有利于血管化，5～15μm孔隙有利于种子细胞的长入，500μm的孔隙有利于贴附后细胞迅速获取周围营养。同时，支架材料的形状和生物相容性对于种子细胞生长和功能的影响也是不容忽视的。

2 脂肪组织工程的相关支架　脂肪组织工程的优越性在于不仅有能力恢复脂肪量，而且还能使移植物成为有功能的组织。成功的关键在于种子细胞与合适的支架结构相互贴附的情况。支架需要锚定依耐性细胞的迁移、增殖，并最终形成具有同样边界结构与外形的组织。支架分为植入型或注射型两种。植入型支架材料主要是多孔的可渗透性，如可生物降解的聚合物泡沫材料聚乳酸与聚羟己酸的复合物等。然而此类材料因其太坚硬，使得患者甚感不适。生物可降解性毛毡因其具有可缀折性有可能成为一种更好的支架材料。另外，非生物降解性支架亦开始被研究，如由氟羟甲苯酮单丝膨化的聚四氟乙复合材料；注射型材料如水凝胶，本身具有最适宜的机械性能，经注入后可修复软组织缺损。目前常用的凝胶有藻酸盐、透明质酸及纤维凝胶等。

（1）聚乳酸-羟基乙酸共聚物（PLGA）：聚乳酸（PLA）和聚羟基乙酸（PGA）是最典型的合成可降解聚合物，也是结构最简单的线性聚羟基脂肪酸酯。它们作为第一批可降解吸收材料被美国FDA批准用于临床，是迄今研究最广泛、应用最多的可降解生物材料。PLA和PGA的共聚物PLGA作为

可吸收缝线也有几十年的应用，目前被广泛用于组织工程。PLGA 的性能会由于组成的变化而变化，但其性能变化与组成又不是简单的线性关系。PLGA 作为一种可降解材料，多年来一直用于组织工程的研究（图 13-20）。PLGA 有许多优点，例如生物可降解性、生物相容性，同时也有一些需要改进的地方，比如降解时间长、质地脆。要将其应用于临床，还需观察其免疫原性，以及材料在体内降解时间的调控。

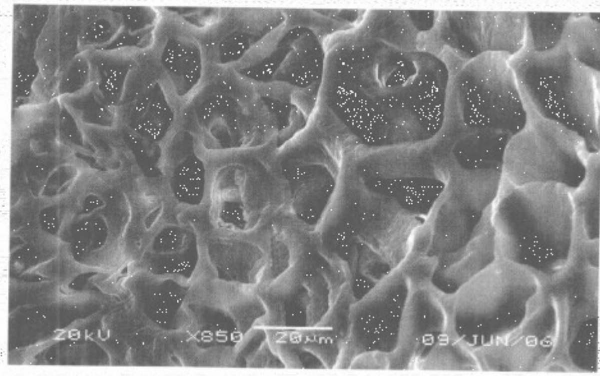


图 13-20　PLGA 材料（×850）

（2）丝素蛋白：组织工程的核心是建立由细胞和生物支架材料构成的三维空间复合体，材料在其中起关键作用。作为组织工程研究的人工细胞外基质，支架材料为细胞的生长、繁殖、新陈代谢以及形成新组织提供支持。目前研究较多的有可降解高分子材料、陶瓷类材料、复合材料和生物衍生材料等。丝素蛋白因具有独特的机械特性和生物相容性，将其应用于临床修复、组织工程支架材料及作为改性材料方面有更大的潜力。

1）丝素蛋白的性能：丝素蛋白是由蚕茧缫丝脱胶而得的纤维状蛋白质，由一条 H 链和一条 L 链通过 S—S 键结合而成，主要由甘氨酸、丙氨酸和丝氨酸组成。丝素蛋白在制备为生物材料后，其力学性能随存在的形式发生改变。生丝拉伸实验的断口显微分析显示，丝素蛋白膜在干燥环境和有机环境中易断裂（图 13-21）。丝素蛋白作为无毒、无刺激的生物材料原料，具有良好透气性和透湿性，可被蛋白酶水解降解。丝素蛋白体内移植后引发的异体反应，主要与移植点和丝纤维的表面

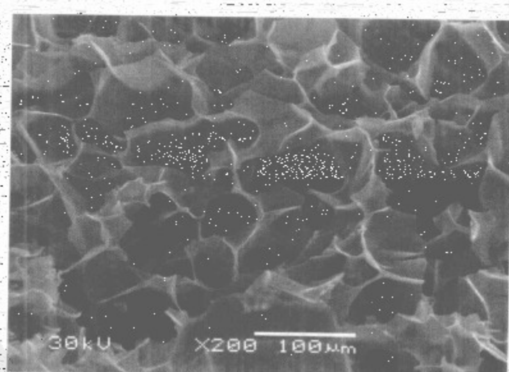


图 13-21　蚕丝蛋白多孔支架扫描电镜（×200）

性能有关。丝纤维用于临床已经有几十年的历史，如用作手术缝合线等。近年研究发现，丝素蛋白作为生物材料有以下优点：①较其他天然纤维机械特性好，能与许多高性能的纤维媲美；②可加工成膜支架或其他形式；③表面易化学共价修饰黏附位点和细胞因子；④可通过遗传工程改造丝蛋白成分来调节相对分子质量、可结晶性和可溶性；⑤可部分生物降解，在体内外降解速率缓慢，降解产物不仅对组织无毒副作用，还对周围组织有营养与修复作用。

2）丝素蛋白的生物降解性：丝素蛋白可降解吸收，但需时较长，因为蛋白质水解反应通常由一种异体反应控制，而吸收速率与移植点、机械环境、健康状况、生理特点、种类及丝素纤维直径有关。因蛋白酶作用点的不同，不同的酶对丝素蛋白的降解程度各异。

3）丝素蛋白的生物相容性：生物相容性是指材料与人体之间相互作用产生各种复杂的生物、物理及化学反应。植入人体的生物材料必须无毒、无致敏性，对组织、血液和免疫等系统不产生不良反应。去除丝胶的丝素蛋白纤维不会引起 T 细胞调节的体内应答，可以支持细胞黏附、分化和组织形成。丝素蛋白因具有良好的机械属性以及细胞相容性，已经在脂肪组织工程中作为支架材料得到初步应用。

（三）微环境

组织周围的微循环影响着组织分化和形成速率，内分泌或外源性生长因子、细胞外基质的黏附分子、支持细胞等因素都可影响脂肪形成过程。已报道有一些化学因子能影响种子细胞分化成为脂肪细胞，如糖皮质激素、生长激素、胰岛素及胰岛素样生长因子-1(IGF-1)等可促进脂肪分化；成纤维细胞生长因子(FGF)和血小板衍生生长因子(PDGF)等具有双重作用，它们是直接还是间接影响种子细胞的分化尚不清楚；而表皮生长因子(EGF)和肿瘤坏死因子-α(TNF-α)可抑制脂肪分化。

（四）构建组织工程化脂肪组织面临的挑战

目前的实验研究距离临床应用还有相当大的距离，仍然存在许多需要科学家努力解决的难题，如如何保证构建的脂肪组织长期存活。尽管许多研究都在体内成功地构建了脂肪组织，但对于构建好的组织是否能在体内长时间存活报道较少。目前关于组织工程化脂肪组织最长时间的观察来自 Wechseberger 等报道，该研究对在裸鼠体内构建成功的脂肪组织进行了为期 12 个月的观察。总之，组织工程化脂肪组织是否能长期保持原有的组织结构及功能是决定其是否能真正应用于临床的关键。笔者将 MSCs 接种在 PLGA 支架上进行立体诱导培养，成功地获得脂肪组织，为 MSCs 向着有实用性的工程化脂肪又迈进一步。实验成功的因素首先在于选择三维培养方式，PLGA 支架为 MSCs 的成脂诱导分化提供了良好的三维空间，立体环境能容纳高密度的细胞，细胞外基质也可良好地固定在细胞附近，而不像单层培养那样易于流失到培养液中，细胞之间的黏附、增殖有利于细胞间的信号传导，充分保证了诱导过程中细胞代谢活动所需的微环境。同时，PLGA 又具有良好的可塑性，可以构建预定形态的工程化组织。其次，诱导因子在 MSCs 的定向诱导分化中起到了关键作用。本研究以细胞支架复合体植入大鼠股二头肌 3 个月内仍基本保持了原来的形状（图 13-22、图 13-23）。大体观察显示，移植 4 周后可见实验组移植物较植入前体积略小，色微黄，质稍硬，表面有透明薄膜形成，膜中分布有新生血管网；移植 8 周后，移植物较移植 4 周时体积进一步缩小，色微黄，质变软，表面包裹一层薄膜，该膜内可见丰富的血管网(图 13-24、图 13-25)。组织学观察显示，移植 4 周后油红 O 染色可见实验组移植物支架材料中新生脂肪组织及细胞呈橙红色，HE 染色显示支架网眼内有新生脂肪组织，并可见少量炎性细胞浸润及渗出性浆液(图 13-26)；移植 8 周后，油红 O 染色可见支架材料中着橙红色，组织较前明显增多，部分呈片状融合，HE 染色显示新生脂肪明显增多，仍有少量炎性细胞浸润(图 13-27)。扫描电镜观察：移植 4 周时可见支架材料网

眼内有球形、表面光滑的脂肪细胞(图 13-28),移植 8 周后支架材料网眼内脂肪细胞较前增生明显(图 13-29)。

研究结果表明,此环境有利于组织工程化脂肪的形成与塑形,是组织工程化脂肪构建行之有效的植入方法,所构建的工程化脂肪达到了类似脂肪组织的形态学要求,为 MSCs 在整形外科和重

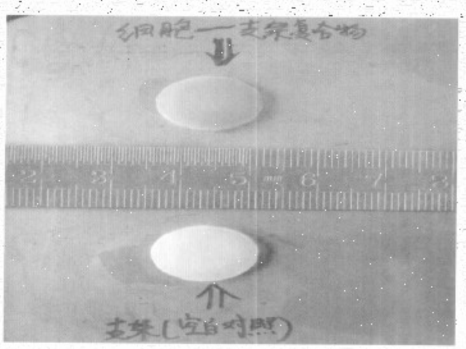


图 13-22 实验组与对照组移植物



图 13-23 移植到大鼠后肢肌肉内



图 13-24 移植后 4 周、8 周取材

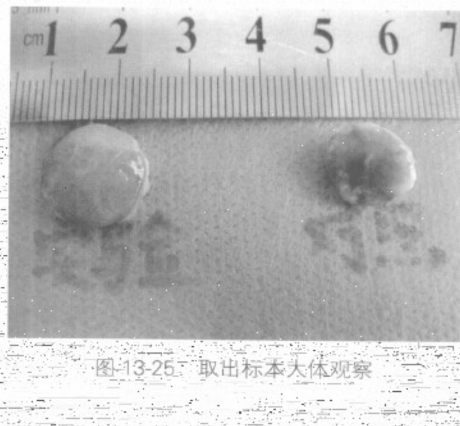


图 13-25 取出标本大体观察

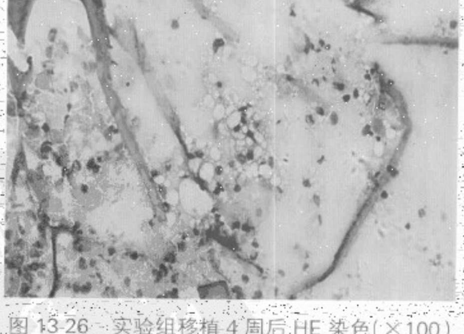


图 13-26 实验组移植 4 周后 HE 染色(×100)

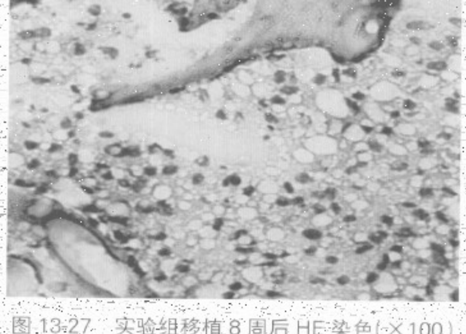


图 13-27 实验组移植 8 周后 HE 染色(×100)

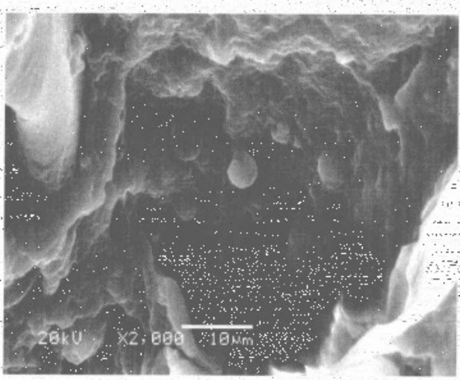


图 13-28 实验组移植 4 周后扫描电镜（×2000）

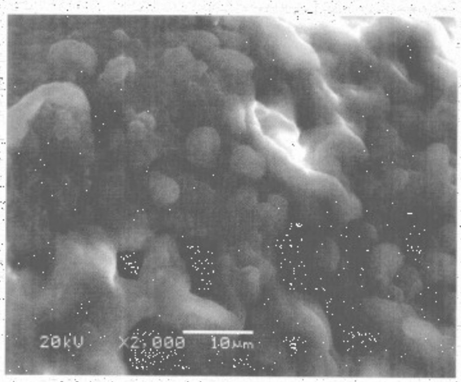


图 13-29 实验组移植 8 周后扫描电镜（×2000）

建外科软组织缺损修复中的应用提供了新的思路。但是，用组织工程化脂肪来修复软组织缺损是一个复杂的过程，还有许多实际问题需要解决。

有关组织工程脂肪构建的研究目前多在小型动物（如大鼠、小鼠）体内完成，而小型动物无法模拟出大范围的组织缺损，同时小型动物的寿命也不足以支持所需要的长期观察。因此，选择适当的大型动物模型就非常必要。如何使组织工程化脂肪组织获得最好的血液供应支持是当前面临的最大难题，它限制着构建组织的体积，更决定其是否能长期存活，最近已对此进行了深入的研究和展望。

总之，要让组织工程化的脂肪组织真正应用于临床，移植物必须能长年保持正常的形态和功能。相信随着生物学、材料学和生命医学的进步，组织工程化的脂肪将能为临床彻底解决软组织缺损等难题展示美好的前景。

第六节 基因治疗与脂肪组织工程

一、概述

（一）基因治疗与基因工程

基因工程是将修饰过的外源基因通过载体等方式导入细胞，乃至细胞核基因组并获得表达的生物技术。这项技术在医学中主要运用于包括基因诊断、基因工程抗体、基因工程药物、基因治疗、基因工程疫苗等多个方面。其中基因治疗的主要目的是通过修复、弥补或替换缺陷基因或致病基因，从而实现治疗疾病的目的。

基因治疗是当代医学和生物学一个新的研究领域。它的产生与发展有着复杂的历史背景、科学基础与现实意义。由于人体中每一个基因对机体正常功能的影响都是复杂的，任何一个基因的变化都会导致多种症状的发生。这些疾病病因复杂而且发生在遗传物质水平，用传统的治疗方法很难达到根治目的，基因的体外合成不仅价格昂贵而且周期长。随着分子生物学和分子遗传学等学科的飞速发展，特别是人类基因组计划超乎预想的发展和后基因组计划、蛋白质组计划的提出，

使人们对自己的遗传背景和基因与疾病的关系有了更清楚的认识。在此基础上，基因治疗作为一项生物医学技术应运而生。基因治疗就是将人的正常基因或有治疗作用的基因通过一定方式导入人体靶细胞，以纠正基因的缺陷或者发挥治疗作用，具体地说，人们通过基因治疗技术试图从基因水平调控细胞中的缺陷基因表达或以正常基因矫正、替代缺陷基因，达到治疗基因缺陷所致的遗传病、免疫缺陷或抑癌基因的失活所致的肿瘤等疾病，从而达到治疗与基因相关的疾病的目的。基因治疗作为一项新型的医疗技术虽然经过了近十年的发展，开展了大量而广泛的研究并取得了长足的进步，但是，它还面临着一系列需要解决的基础研究和技术方面的问题，其实用价值还有待于进一步发展。但我们相信，随着分子生物学、分子遗传学和临床医学等学科的发展，基因治疗必将日益走向成熟。

基因治疗的内容主要包括选择目的基因、受体细胞、载体及恰当的转入方法。

1 目的基因的选择　基因工程的主要目的之一，就是要制备大量有用的蛋白质和多肽，尤其是人体蛋白。目的基因是指所要研究或应用的基因，也就是需要克隆或表达的基因。目的基因的选择可以从基因组中筛选出具有某种功能的基因。得到了克隆的基因或 cDNA 后，按照正确的方向插入表达载体，连在启动子的后面，导入相应的宿主细胞，就可进行表达。我们可人为地针对缺陷基因进行选择，或选择利于细胞生长存活的蛋白，构建 DNA 重组体，使其作为目的基因，将其导入宿主细胞，使之编码基因蛋白在细胞体内持续分泌，达到基因治疗的目的。

2 受体细胞的选择　基因治疗选择的受体细胞应当具备易于转入目的基因、表达目的蛋白充分、生存期长的特点。有研究证实，ADSCs 是最适宜的受体细胞，它是在脂肪组织中提取的，是脂肪细胞的前体细胞，也是最常用的受体细胞。间充质干细胞是干细胞的一种，具有其他细胞无可比拟的优势，比如它的弱免疫原性、自我更新能力、多向分化增殖的潜能。近年还发现其易于外源基因的转染和表达，因而也被认为是很好的基因载体。

大量的研究证实，脂肪成体细胞及前体细胞均可作为基因治疗的靶细胞。能分化为脂肪的前体细胞，如脂肪间充质干细胞及骨髓间充质干细胞，具有转入外源基因生长周期长、利于蛋白充分表达的特性；而成体脂肪细胞则具有生长周期短、不利于蛋白的合成表达的特性。MSCs 是一类可进行自我复制和更新的细胞，在一定条件下可向骨、软骨、脂肪和心肌等多种细胞谱系分化，且在体外培养的过程中始终保持多项分化的潜能。

诸多研究认为，脂肪组织细胞、脂肪源性干细胞及骨髓间充质干细胞都可以作为受体细胞转入目的基因，并得到不同程度的表达。

3 载体的选择　在基因治疗过程中，载体的选择十分重要，它是细胞因子基因治疗的前提和基础。无论选择那种载体，提高载体的靶向性和转染效率、解决外源基因在体内的表达调控和有效性才是关键，它将决定基因转移后基因表达的靶向性、有效性、表达持续时间以及转导的细胞类型。基因治疗的可行性主要取决于基因转导技术，而其中转导效率和靶向性治疗尤为关键。

目前用于基因转移的载体有非病毒载体和病毒载体，各种载体均有不同的优缺点。

病毒载体主要包括有腺病毒、腺病毒相关病毒、逆转录病毒、单纯疱疹病毒及慢病毒等，它们能够自然转染细胞并把外源的遗传物质转入宿主细胞。用于基因治疗的病毒须经过实验室改良以除去它的病原性，同时保留它的高基因转染性。然而病毒载体可能存在的插入突变、严重的免疫反应等潜在的安全性问题，以及有限地携带遗传物质能力等缺点，使其广泛运用于临床受到极大的限制。

非病毒载体包括裸露的 DNA、多聚物载体、脂质体载体等，它们大多制作简单，免疫反应低，不易与宿主基因组整合，可重复应用，克隆能力不受限，其独具的优点正引起越来越多的研究注意。

4 转入方法的选择 转入方法主要包括基因转入细胞的途径和基因转入体内的治疗方案两个方面。

（1）基因转入细胞的途径：可分为生物学方法和物理化学方法两类。

1）生物学方法：即通过病毒携带目的基因感染受体细胞，也称为转导。如逆转录病毒、腺病毒、慢病毒等，在体外和体内实验中，病毒载体表现出较高的转导效率。病毒载体的主要缺点是具有免疫源性，其插入宿主基因组后可能导致基因突变甚至肿瘤形成，这是临床应用病毒载体的主要顾虑。为克服这些缺陷，病毒载体已研制出第一代、第二代和重组腺病毒载体，免疫源性已大为降低。慢病毒载体体内表达时间长达3个月，明显优于腺病毒载体。但是慢病毒载体来源于HIV等免疫缺陷病毒，潜在危险较大。腺病毒载体则是基因治疗中最常用和比较成熟的技术。

2）物理化学方法：即通过物理手段（如基因枪、电穿孔）或化学方法（如脂质体、纳米高分子材料、阳离子多聚物等）将目的基因导入细胞，也称为转染。这种方法不具有免疫源性、致突变等副作用，能够保护核酸不受破坏，降解产物毒性低，对其表面修饰可实现靶向转染；但缺点是转染效率低，基因表达时间短。

（2）基因转入体内的治疗方案：可分为直接法方案和间接法方案两种。

1）直接法方案是直接将载体（如病毒）注射入体内，或是通过某种承载物携带在局部释放（如基因活性基质技术），目的基因在体内转导或转染受体细胞。直接法方案操作简单，费用较低，更适合临床应用；但是由于转基因过程发生在体内，转基因效率不易控制，受体细胞的变化不易检测。

2）间接法方案是先在体外转染或转导受体细胞，再将细胞植入体内。间接法方案能够在体外控制基因的转入，并进行转基因效率、细胞活性等检测，能够获得较稳定的细胞系，可控性强，效果明显；不足之处是程序较多，操作复杂，周期长，需要提纯和培养细胞，费用相对昂贵，而且当异体细胞作为受体细胞时容易发生免疫排斥反应，这可能影响基因治疗的效果。

虽然两种方案各有利弊，但两种方案都可用于基因治疗和脂肪组织工程的研究及临床应用。在实践中应当根据研究目的、对象以及临床实际进行选择。

（二）基因治疗与脂肪组织工程

1 基因治疗在脂肪组织工程中应用现状 脂肪移植（组织工程）是当今整形医学研究的重要方向并具有良好而广阔的应用前景，受到了整形医学界的广泛关注与大量实践。但目前，在脂肪移植中仍然面临着一个重要难题，由于脂肪细胞自身的存活能力有限，脂肪组织的缺血治疗是一个极其困难的过程，移植的脂肪需要建立良好的血供才可存活。脂肪组织工程为移植脂肪细胞的存活提供了新的思路，特别是基因治疗为解决临床移植脂肪的缺血问题提供了一种全新的治疗策略，近年来，有关该方面的研究也已经取得了令人鼓舞的积极成果。

大量体内或体外实验已经证实，血管内皮生长因子、肝细胞生长因子能有效地促进移植脂肪的再血管化。近年在脂肪组织工程的研究中，我们致力于利用基因工程技术提高局部生长因子的浓度，激活间充质细胞向血管方向分化，以促血管生成进而建立良好的血供。兰州军区总医院利用重组腺病毒载体体外转导VEGF及HGF基因，证明经转导的大脂肪间充质干细胞能高效分泌生长因子，而且经转导的骨髓间充质干细胞能明显促进大鼠皮下脂肪的形成。从取得的初步研究成果可以看出，基因治疗对脂肪组织工程具有积极意义。当前基因治疗对移植脂肪血管形成的作用和机制、分泌规律等还需要进一步研究；基因治疗能否最终在移植脂肪缺血的环境改建上发挥重要作用，成为构建脂肪组织工程必不可少的一步还需要深入研究。但基因工程技术和人工材料相结合是当前脂肪组织工程研究的重要方向。

2 基因治疗在脂肪组织工程应用中的主要研究内容 根据构建组织工程脂肪的三要素，再

生医学需要稳定的干细胞资源以及生物支架材料和细胞因子。基因治疗在脂肪组织工程中的应用主要针对以上三要素分别开展相关研究工作。基因治疗是指在载体的协助下将外源的治疗基因导入人类细胞(目前仅仅限于体细胞)中而达到治疗、预防或诊断疾病的新疗法。人类首例基因治疗试验方案于1990年进入临床。

基因治疗为可供细胞黏附生长的支架材料的研究提供了一种新的思路，虽然还处于试验阶段，但已经开发出多种载体。细胞因子是一类由活化的免疫细胞或间质细胞所合成、分泌的、能作用于本身或其他细胞，具有介导和调节免疫炎症反应等生物学活性的小分子多肽类物质，多为糖蛋白。然而，运用重组蛋白存在诸多困难，如合成过程复杂、治疗剂量大、代价昂贵、生物半衰期短、有免疫源性等，而基因治疗能在相当程度上弥补这些不足。目前受到重视的治疗基因主要有VEGF基因、FGF基因以及近几年引起关注的HGF基因。

外源性的细胞因子半衰期短，局部使用很快被稀释和代谢，临床上需反复大剂量使用，价格昂贵，而且可能存在免疫排斥反应，因而限制了它在临床上的广泛使用。同时，外源性基因在基因表达调节上虽然有几种基因调节系统，但是在时间和水平上还无法完全达到精确调控；经体外分离、培养细胞，然后将目的基因导入，再回植到创面上需要花很长的时间，如果细胞培养过程缓慢，必将影响脂肪移植效果。另外，经济实用性也是脂肪基因治疗需要解决的问题。基因强化脂肪组织工程的兴起为解决上述问题开辟了全新的途径。应用基因转染技术可使靶细胞大量表达脂肪生长、血管形成所需的调控因子，有效促进脂肪细胞生长和基质合成。

移植脂肪因为供血不足而影响其在临床上的广泛应用，局部应用体外合成的重组蛋白和移植脂肪再血管化的细胞因子如HGF、VEGF等，可以有效地改善移植脂肪存活能力。笔者曾采用腺病毒载体将两者分别转入人ADSCs、大鼠MSCs和前脂肪细胞中进行基因干预，取得了基因治疗的初步成果。研究证实，应用腺病毒载体转染VEGF可在体外表达3～4周，细胞上清液蛋白含量较未感染细胞明显升高。

3　基因治疗在脂肪组织工程应用中的优势与发展方向　基因治疗在脂肪组织工程中应用的基本思想是指在特定的部位把具有生物学作用的目的基因转移到能分化为脂肪细胞的干细胞或脂肪细胞内，并使基因所编码的重组蛋白在该处持续地表达，从而产生有意义的生物学效应，最终达到治疗疾病效果。基因治疗的主要步骤是目的基因的克隆。

与使用重组蛋白相比，基因治疗有明显的优势。重组蛋白提取复杂，价格昂贵，在体内不稳定，缺乏野生型蛋白转录后的修饰过程，不能发挥充分的生理作用，这些缺憾均能通过转基因技术加以克服。基因治疗在促进移植脂肪的缺血治疗中具有广阔的前景，但由于基因治疗涉及包括伦理学在内的很多问题，目前对具体应用于人体的技术环节和作用机制方面的研究还不够充分，但是基因治疗在动物实验中已展示出了诱人的应用前景。笔者以人胰岛素基因转染取自健康男婴脐带的hUCMSCs，并与丝素蛋白支架材料在体外初步构建组织工程脂肪后，将之移植到雌性Wistar大鼠的背部皮下，6个月后取材。结果显示，hUCMSCs与蚕丝蛋白支架材料所构建的组织工程脂肪在体内存活良好，并形成具有一定结构的脂肪组织。扫描电镜检查显示，支架材料降解明显，脂肪细胞呈球形，表面尚光滑，周围可见少量炎性细胞，伴有少量渗出性浆液，脂肪细胞密集，呈团块状新生组织(图13-30～图13-32)。性染色体检测可见移植物中各个细胞的细胞核带有一红一绿的荧光信号(红色代表Y染色体，绿色代表X染色体)，即移植物有人的X-Y基因表达(图13-33)。原位杂交进一步检测到雌性Wistar大鼠植入脂肪组织中有蓝色颗粒，即雄性大鼠sry基因的表达(图13-34)。由此证明该移植物为外来组织，并非Wistar大鼠自身所有。

然而，关于基因治疗的研究毕竟处于初级阶段，当前的实验研究也仅初步证明了在体外人脂



图 13-30　脂肪细胞密集分布于降解的蚕丝蛋白支架材料中

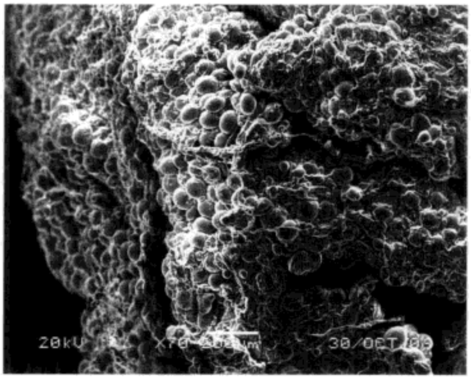


图 13-31　植入 6 个月扫描电镜(×70)

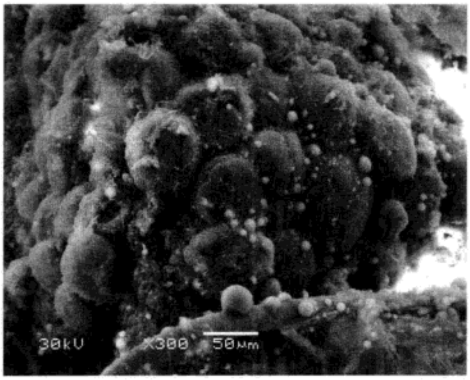


图 13-32　呈团块状组织结构的脂肪细胞(×300)



图 13-33　细胞核中 Y 染色体(红色)与 X 染色体(绿色)的荧光信号

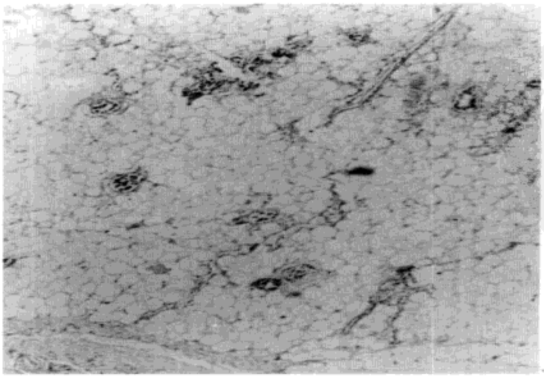


图 13-34　原位杂交 sry 基因的表达

肪间充质干细胞及骨髓间充质干细胞可转入外源基因并表达蛋白，在大鼠体内分泌蛋白，可有效促进脂肪形成，至于在人体内定量地转导基因，实现蛋白可控分泌，既能利用蛋白的促血管形成作用，又避免了过于分泌导致的成瘤作用，该蛋白的生物学活性、代谢等问题尚待进一步研究。

有研究证实，干细胞移植的效果往往不是取决于初始细胞移植的数量，而是取决于能够在体内存活和增殖的细胞数量(细胞分裂增殖能力)。在体内移植细胞的存活规律我们尚不得而知，随着分子生物学的发展，这些问题将逐一得到解决。

尽管基因治疗联合干细胞移植在动物与临床实验中均显示了良好的疗效，且无严重的毒副作用，但也存在一些尚未解决的问题。首先，要考虑到基因超表达本身和细胞过度增殖的副作用，由于促血管生长因子在体内的过度表达，或许可能造成血管内膜增生，引起受区肿瘤以及在关节、视网膜等部位不必要的血管增生。其次，也要考虑载体的影响，使用的病毒载体是否会进入身体的其他部位，特别是生殖系统。再次，关于导入基因的转染率和存活时间等。这些都有待于一一解决。

总之，基因治疗联合细胞移植是一个积极有效的治疗手段，体外基因修饰的种子细胞和人工材料的复合移植优于重组血管生成蛋白和人工材料的复合移植。随着分子生物学、细胞学及遗传学技术的发展，随着大规模临床和动物实验的开展和深入研究，这些问题将会逐步得以解决，使脂肪移植的治疗在细胞、分子水平上获得质的飞跃，最大程度地改善移植脂肪的预后，在基因和细胞水平得到彻底治愈是有可能的。相信不久的将来，脂肪移植的成功开展将大大提高爱美人士的生活质量。

今后基因治疗在脂肪组织工程中的研究重点是如何提高转基因效率和安全性，比如进一步降低病毒载体的免疫源性、提高纳米载体的转染效率和操作的简便性等。近年脂肪组织工程研究已经取得了一些实验成果，但对于脂肪组织工程技术的成熟尚处于初期阶段，仍需进行大量的动物实验，乃至推广到临床。因此，基因治疗的转基因效率和安全性的问题是研究人员首先要解决的问题，从基础研究到临床应用，还需要一段时间的努力。

(刘毅)

参考文献

[1] Hakimi O, Knight D P, Vollrath F, et al. Spider and mulberry silkworm silks as compatible biomaterials[J]. Composites B Engineering, 2007, 38(3):324-337.

[2] Huang J, Wong C, George A, et al. The effect of genetically engineered spider silk-dentin matrix protein 1 chimeric protein on hydroxyapatite nucleation[J]. Biomaterials, 2007, 28(14):2358-2367.

[3] Niemel S M, Miettinen S, Konttinen Y, et al. Fat tissue: views on reconstruction and exploitation[J]. J Craniofac Surg, 2007, 18(2):325-335.

[4] Parker T, Upton Z, Leavesley D. Vitronectin modulates human mesenchymal stem cell response to insulin-like growth factor-Ⅰ and transforming growth factor beta 1 in a serum-free environment[J]. Tissue Eng Part A, 2009, 15(6):1415-1426.

[5] Valorani M G, Germani A, Otto W R, et al. Hypoxia increases Sca-1/CD44 co-expression in murine mesenchymal stem cells and enhances their adipogenic differentiation potential[J]. Cell Tissue Res, 2010, 341(1):111-120.

[6] 刘毅，李春明，陈克明. 人脂肪间充质干细胞在聚乳酸-羟基乙酸上的黏附、增殖与分化能力[J]. 中华医学美学美容杂志，2008, 14(3):190-193.

[7] 庄淑波，刘毅，李晓东.大鼠骨髓间充质干细胞与 PLGA 构建组织工程脂肪的实验研究[J].中华损伤与修复杂志，2007，2(5)：297-299.

[8] Wang L，Detamore M S. Insulin-like growth factor-Ⅰ improves chondrogenesis of predifferentiated human umbilical cord mesenchymal stromal cells[J]. J Orthop Res，2009，27(8)：1109-1115.

[9] 刘毅，肖宏涛，薛美思.适宜于构建组织工程化脂肪的蚕丝蛋白支架：最佳孔径筛选[J].中国组织工程研究与临床康复，2010，14(8)：1361-1364.

[10] Kadam S S，Tiwari S，Bhonde R R. Simultaneous isolation of vascular endothelial cells and mesenchymal stem cells from the human umbilical cord [J]. In Vitro Cell Dev Biol Anim，2009，45(1-2)：23-27.

[11] 曹谊林，刘伟，崔磊.组织工程学理论与实践[M]. 上海：上海科学技术出版社，2004：162-169.

[12] Troyer D L，Weiss M L. Wharton's jelly-derived cells are a primitive stromal cell population[J]. Stem Cells，2008，26(3)：591-599.

[13] 肖宏涛，刘毅. 人脐带血间充质干细胞研究近况及其在脂肪组织工程中的应用[J].中国美容医学，2007，16(11)：1597-1601.

[14] 薛美思，刘毅.脐带间充质干细胞在细胞治疗中的研究进展[J].中国美容医学，2008，17(9)：1405-1407.

[15] 刘毅，肖宏涛.人脐带间充质干细胞与蚕丝素多孔支架的体外复合培养[J].中华医学美学美容杂志，2010，16(1)：45-48.

[16] Koli K，Merja J，Ryynänen M J，et al. Latent TGF-β binding proteins (LTBPs)-1 and -3 coordinate proliferation and osteogenic differentiation of human mesenchymal stem cells.Bone，2008，43(4)：679-688.

[17] 肖宏涛，牛希华，刘毅.人脐带间充质干细胞的体外分离、培养及诱导分化[J].郑州大学学报(医学版)，2010，45(2)：213-216.

[18] 刘毅，薛美思.携带人胰岛素基因慢病毒载体转染人脐带间充质干细胞的实验研究[J].中国修复重建外科杂志，2010，24(7)：822-827.

[19] Girdlestone J，Limbani V A，Cutler A J，et al. Efficient expansion of mesenchymal stromal cells from umbilical cord under low serum conditions[J]. Cytotherapy，2009，11(6)：738-748.

第十四章 脂肪源性干细胞移植与整形美容

很久以来人们就知道脂肪组织中存在脂肪祖细胞（preadipocyte），后者又被称为血管间质细胞（vascular stromal cell）；但是近年发现脂肪祖细胞（以间质为主的）具有多分化潜能，又重新命名为脂肪源性干细胞（adipose-derived stem cells，ADSCs）。全世界每年有超过 100 万例次因脂肪抽吸术而被废弃的脂肪组织，后者作为替代骨髓的再生医学新的细胞源而引起世人的关注，对于担负手术的整形外科医生来说其意义十分重大。

第一节 人脂肪源性干细胞的分离、培养及鉴定

干细胞是一类具有无限自我更新能力的细胞，可进行多次、连续的自我更新式的细胞分裂。起源于单一干细胞的子细胞可以分化出超过一种以上的细胞类型，并能够在生物体内重建原来组织的功能。Zuk 等 2001 年在人脂肪组织中成功分离获得脂肪间充质干细胞，并命名为人脂肪源性干细胞（human adipose-derived stem cells，hADSCs）。人脂肪源性干细胞在不同的条件下可被成功诱导分化为成骨细胞、软骨细胞、骨骼肌细胞、肝脏细胞等中胚层细胞，同时也可以向其他胚层分化，证明它具有多分化潜能。利用分子生物学方法分析脂肪间充质、表面分子的特征与其他组织来源的间充质干细胞相似。目前常用的体外培养方法采用胶原酶消化贴壁法培养优化获取 hADSCs，并通过对其生物学特性的研究和鉴定，为后续的研究提供稳定的干细胞来源。

主要观察指标为：①细胞的贴壁情况，何时开始变形；②细胞的形态、融合后的状态；③细胞生长的速度。

一、操作方法

（一）hADSCs 的提取和培养

脂肪来源常取用吸脂手术或者脂肪切除手术的患者。

将无菌条件下获得的脂肪生理盐水混合物采用离心、PBS 清洗，以去除麻醉药品及血细胞，获得纯度较高的脂肪颗粒。手术切除的腹部脂肪，用无菌 PBS 液反复冲洗，再用眼科剪和眼科镊除去结缔组织和血管，最后剪成 1 mm^3 大小的碎块。

采用 0.1% Ⅰ 型胶原酶 37℃振荡消化 60 分钟，然后用 200 目筛网过滤，1000 r/min 离心 15 分钟。弃含大量脂滴的上层及中间的培养基层，将位于最下层的片状沉淀用条件培养基（LG-DMEM，含体积分数为 10%的胎牛血清、100 U/ml 青霉素、100 mg/L 链霉素）重悬，调整细胞密度至 1×10^9/L，接种于六孔板中，置于 37℃、体积分数为 5%的 CO_2 孵箱内培养，48 小时后更换新的培养基，

以后每隔 3 天更换一次培养基，待培养细胞接近 80%～90%融合时，用 2.5g/L 胰蛋白酶和 0.2g/L EDTA 消化，以 1:3 比例传代培养。

（二）hADSCs 的免疫表型、细胞周期和生长曲线

第 3～5 代的 hADSCs 胰蛋白酶消化后制成单细胞悬液。1×10^6 细胞分别加入抗人 CD34PE、CD73PE、CD90FITC、CD105PE、CD45FITC 单抗各 1μl，PE-IgG1、FITC-IgG1 为阴性对照。4℃避光孵育 30 分钟，流式细胞仪检测分析人脂肪间充质干细胞免疫表型和 DNA 含量；

1×10^5 细胞接种于放有多聚赖氨酸处理玻片的六孔板，细胞培养箱孵育 12 小时以上，待细胞贴壁后，用 40 g/L 多聚甲醛 4 ℃固定 30 分钟，5%牛血清蛋白（BSA）室温封闭半小时。细胞首先与相应的一抗（鼠抗人 CD90/CD105）37℃温育 3 小时或者 4℃过夜，然后加入带有荧光染料的二抗（兔抗鼠 FITC 以及兔抗鼠 PE）37℃温育 3 小时，用磷酸盐缓冲液-Triton 室温通透 10 分钟，DAPI 室温染 5 分钟，磷酸盐缓冲液清洗两遍，最后用荧光显微镜观察、拍照。

免疫荧光染色后，利用激光共聚焦显微镜观察细胞表面标志；再利用台盼蓝拒染法计数活细胞数，计算平均值，连续观察 7 天。根据计数结果以培养时间为横轴，以细胞数为纵轴，绘制细胞生长曲线。

（三）hADSCs 的多向分化潜能

取 P3 代细胞，利用成骨诱导基质（含 0.1mmol/L 地塞米松、200μmol/L 维生素 C、7mmol/L β-磷酸甘油）对人脂肪间充质干细胞进行成骨诱导 2 周，通过碱性磷酸酶染色检测成骨细胞形成。取 P3 代细胞，利用脂肪诱导基质（含 0.25μmol/L 地塞米松、50μmol/L 吲哚美辛、0.5mmol/L IBMX、10mg/L 胰岛素）进行成脂肪诱导 2 周，通过油红 O 染色检测脂肪沉积。

二、实验结果

（一）hADSCs 的形态学特点

原代培养的细胞接种后 24 小时即可见部分细胞贴壁，3～4 天后可见贴壁细胞明显增多，并逐渐伸展成为纺锤状。经换液弃去未贴壁的血细胞，贴壁细胞主要为人脂肪间充质干细胞，大部分呈成纤维细胞样，长梭形，散在生长，分布不均匀；少部分呈集落状；也可见有单个梭形细胞存在。7～10 天时细胞基本贴满孔板底部，呈鱼群状、漩涡状排列，排列整齐，细胞变得扁平，胞体狭长，呈长梭形。传代培养的人脂肪间充质干细胞生长旺盛，形态与原代相似或更加趋于一致，为成纤维细胞样，细胞生长有极性，融合后呈螺旋状，第 1 次 7～10 天可以传代。1:3 传代，5～7 天可融合。hADSCs 以 10^4 个细胞每孔接种于 96 孔板，在 5～6 天时可以达到一个生长高峰，培养 10 代以内细胞的增殖速度无明显减慢。

（二）hADSCs 的生物学特性

1 细胞化学染色　P3 代 hADSCs 苏丹黑 B 染色呈阴性，碱性磷酸酶染色呈阴性，说明细胞未向脂肪和骨分化，实验获得的 hADSCs 为未分化的干细胞。

2 细胞表面标志表达　免疫荧光法鉴定结果显示，消化收集 P3 代 hADSCs，经免疫荧光染色后激光共聚焦显微镜下观察发现，hADSCs 呈 CD73-FITC，CD44-FITC，CD166-FITC 阳性。流式细胞仪检测结果显示，P3 代 hADSCs 呈 CD73（SH-3，4）、CD105（SH-2）、CD166、CD44 及 CD29 阳性，而 CD31、CD34、CD45 及 HLA-DR 阴性。经 3 代以上传代后，细胞成分均一，纯度在 95%以上，具有高度的同源性。

3 细胞周期　流式细胞仪分析结果表明，hADSCs 具有典型的干细胞增殖特点，大部分细胞处于静息期（G_0/G_1 期），只有少部分细胞处于活跃的增殖期（$S+G_2/M$ 期），符合干细胞的生长特性。

4. 生长动力学特点 从P3代hADSCs的生长曲线可以看出,细胞在接种后最初2天处于生长潜伏期,第3~6天处于对数生长期,第6天达峰值,以后细胞生长速度减慢,进入生长平台期,平均五六天传代一次。表明体外培养hADSCs具有强大的分化增殖能力,并可维持细胞性状稳定。第10代以后细胞开始老化、变形,生长减慢,扩增时间延长,出现衰老迹象。一般体外培养可维持到10~15代。

（三）hADSCs的多向分化能力

1. 成骨分化 hADSCs成骨诱导2周后,可见部分细胞由长梭形逐渐变为多角形,细胞聚集,碱性磷酸酶染色呈阳性。

2. 向脂肪分化 hADSCs成脂诱导3天后,细胞由长梭形逐渐收缩变短,细胞内有小脂滴出现;随着诱导时间的延长,脂滴逐渐增多、增大,2周后脂滴相互融合充满整个细胞,细胞变为圆形或多边形。经油红O染色,可见细胞内有大量的脂质沉积,被染成红色。

三、总结

目前干细胞移植研究已取得良好效果,干细胞来源主要有骨骼肌卫星细胞、胚胎干细胞、骨髓来源的间充质干细胞等。骨骼肌卫星细胞由于含量较低,需大块肌肉取材较难;从胚胎来源的干细胞则存在免疫排斥及伦理问题;骨髓间充质干细胞也同样存在取材困难、患者不易接受等缺点。

ADSCs来源充足,且生长条件并不那么严格,在任何型号的血清中均能迅速增殖,自体移植无免疫排斥反应,不涉及医学伦理学问题,患者易接受。实验中建立了一种经济简便的ADSCs分离培养方法,采用消化法从成人脂肪组织中分离培养出大量的ADSCs。鉴于红细胞具有不贴附于塑料培养皿的特性,通过换液的方法逐步除去悬浮的红细胞,从而避免了化学方法(KRB或NH_4Cl)对ADSCs的损伤。同时,在消化脂肪组织时实验单用胶原酶代替胶原酶与胰酶混合应用,也获得了相当数量的脂肪间充质干细胞,节约了成本。

目前尚未发现ADSCs的特异表面标志物。Gronthos等对脂肪抽吸物培养细胞及其表面标志进行了系统研究,观察到ADSCs呈梭形生长,胞浆和核仁丰富,呈平行排列或漩涡状生长,且这些细胞具有与BMSCs相识的表面标志表达,如CD9、CD10、CD13、CD29、CD34、CD36、CD44、CD49(d)、CD49(e)、CD54、CD55、CD59、CD105、CD106、CD146及CD165等,但在ADSCs上没有检测到STRO-1抗原。Festy等在研究中发现,ADSCs与完全分化的脂肪细胞表面标志物相似,且皮下脂肪来源与网膜脂肪来源的干细胞表面的标志物没什么不同。实验自脂肪组织中分离培养脂肪间充质干细胞,选取了CD13、CD34、CD44、CD59及HLA-DR等表面分子对ADSCs进行检测,流式细胞仪检测结果显示CD13、CD44及CD59呈阳性表达,而CD34及HLA-DR呈阴性表达,提示所获得的ADSCs纯度较高。

2003年Gimble提出,干细胞要应用于临床必须遵守五项规则:①有足够的细胞(数百万到数十亿个);②最小的创伤,能通过常规可重复的方式向多系细胞分化;③安全有效的自体移植或异体移植;④产业化生产。hADSCs正好符合了这些特征;hADSCs避免了伦理及法律上的问题;获得来源是患者的皮下脂肪,创伤较小并且来源较易;与已分化细胞相比,hADSCs在体外扩增能获得相对较高的细胞浓度并易培养,经过计算1g脂肪能得到1.0×10^6~2.0×10^6的hADSCs,因个体差异其活力、数量、生长情况各不相同;hADSCs与BMSCs相比具有更长的培养期和更高的增殖能力;实验表明,hADSCs具有低免疫原性,体内不会引发淋巴细胞毒性反应,是一种理想的种子细胞。

hADSCs在体外培养相对时间较长,能多次传代,但是随着培养时间的增加,多数细胞10代以后开始表现出衰老迹象,细胞逐渐增大、变形,然后皱缩、成团,最后停止增长,直至死亡。如何维持

hADSCs 在体外长期培养而不分化亦将成为干细胞研究的重点。

第二节　脂肪源性干细胞移植的实验研究

长期以来，对于各种原发和继发软组织缺损的治疗一直是困扰整形外科医生的难题之一。自Neuber 在 1893 年首次报道游离脂肪移植在矫治面部缺陷中的应用以来，游离脂肪移植开始广泛应用于软组织缺陷的充填，如面部凹陷、颞部凹陷、鼻唇沟过深、面部皱纹、隆胸及乳房重建等。作为移植充填材料，自体脂肪具有来源丰富、取材容易、操作简单、充盈外形好、无排异反应等优点，但由于术后常出现脂肪细胞成活率低、吸收率高等问题(文献报道自体游离脂肪的移植成活率仅为 40%~50%)，使得其临床应用受到很大限制。

2001 年 Zuk 等首次从自体脂肪细胞抽吸物中成功分离培养出具有骨、软骨、脂肪、肌肉等多向分化潜能的细胞——ADSCs。同年，Cronthos 等也证实脂肪来源细胞中的确存在具有间充质干细胞特性的细胞。自 Zuk 等发现 ADSCs 以来，其研究越来越深入，因为 ADSCs 来源丰富，取材方便，且组织中干细胞含量丰富，因而被认为是组织再生和修复的理想细胞来源，可为多种疾病的治疗提供充足的种子细胞。

一、脂肪移植中的细胞基础

脂肪组织通常被认为是能量贮存部位，是软组织充填和吸脂处理的必要组织，同时还被认为是成体干细胞的有效来源，因为脂肪组织含有多种祖细胞，可分化为多种谱系。脂肪组织中主要包含脂肪细胞、ADSCs、血管内皮细胞、壁细胞、成纤维细胞、巨噬细胞及细胞外基质等。脂肪细胞是脂肪组织的基础，其体积占脂肪总体积的 90%以上，但数量却少于 50%。ADSCs 被认为是一种表现脂肪细胞和血管细胞的祖细胞，它位于脂肪细胞之间、血管周围和细胞外基质中。通过胶原酶消化，从脂肪组织中分离的多种细胞混合物形成的细胞团叫做间质血管成分（stromal vascular fraction，SVF)，其中含有丰富的间充质细胞，可分化为多种谱系的细胞，是再生医学、组织工程等最理想的种子细胞。

获取 SVF 的方法主要是将吸脂后的脂肪用 PBS 反复冲洗两次，然后在 37℃条件下用 0.075%的胶原酶消化 30 分钟，再用含 10%胎牛血清的 DMEM 终止消化，1200*g* 离心 10 分钟后就会获得高密度的 SVF，其中主要包括间质细胞、血管内皮细胞和壁细胞。另外，SVF 中也包括一些血管来源的细胞，如白细胞和红细胞等，而血管来源细胞的比率主要取决于个体出血的多少。在 CAL 中，不需经过人工的分选及培养，直接将新鲜分离的自体 SVF 用作脂肪移植补充物。另外，有研究指出新鲜分离的 ADSCs 与培养增殖的干细胞相比可能在治疗方面更具有安全性和有效性。现在正在进行的一些临床试验也经常应用新鲜分离的 SVF，而不是纯化或培养的 ADSCs。SVF 的细胞构成如表 14-1 所示。

来自吸脂脂肪的 SVF 由 $CD45^-$脂肪源性细胞和 $CD45^+$末梢血细胞组成。在脂肪源性细胞中，成熟脂肪细胞在处理过程中已被破坏或废弃。SVF 中的脂肪源性细胞是不均质的细胞群，其中大部分为 ADSCs。

ADSCs 存在于脂肪细胞之间、血管壁、结缔组织中，但大部分聚集在血管周围。其在缺氧条件下可释放血管形成因子，并可分化为血管内皮细胞，表现为成血管特性，是治疗局部缺血性疾病血

表 14-1　抽吸脂肪来源的细胞群

CD45	—	—	—	—	—	—	—
CD31	—	+	—	—	—	low	—
CD34	+	+	+	—	+	+	—
CD90	+	+	+	+	+	+	+
CD105	—	low	—	—	low	low	—
CD146	—	+	+	+	N/A	+	—
吸脂脂肪中 SVF 的比例	70%～90%	2%～10%	1%～7%	1%～7%	0～2%	0～2%	1%～7%
可能的细胞种类	ADSCs	血管内皮(祖)细胞	血管周祖细胞	血管周细胞			成纤维细胞

管发生最理想的细胞来源。一些研究表明，存在血管壁的细胞群落可分化为血管。最近发现大鼠的脂肪祖细胞像血管管壁细胞一样存在于脂肪组织的血管中，因此，ADSCs 被认为是一种脂肪细胞和血管细胞的双重祖细胞。ADSCs 可为脂肪组织的转归和下一代的再生提供原始细胞，脂肪组织细胞凋亡后可被 ADSCs 来源的下一代细胞取代，存功能的 ADSCs 数量可能在组织修复和塑形中具有重要作用。在动物模型的缺血再灌注损伤的脂肪组织中，ADSCs 在脂肪移植的修复过程中及在脂肪化和血管化中起着重要的作用，其可调节周围组织中生长激素及细胞因子的释放，并通过分泌各种生长因子如 VEGF、IGF-1 防止细胞凋亡，使脂肪组织的再生和凋亡达到平衡。

二、脂肪提取对 ADSCs 的影响

（一）脂肪的提取部位

取材部位最好能配合患者身体塑形的需要，做到一举两得。平均每 300ml 脂肪组织可获得 2×10^8～6×10^8 个干细胞。从不同个体脂肪抽吸组织中提取的平均 ADSCs 数目有所不同，但从同一个体不同部位的脂肪中所获得的干细胞数目却比较近似。患者年龄越大，成脂分化率越低。同一患者不同部位脂肪抽吸组织中的 ADSCs 在成脂诱导分化能力上存在差异。

目前，脂肪组织的提取部位主要是臀部和腹部。Kazuo 等对 ADSCs 的人体分布进行了研究，测定尸体不同部位 ADSCs 的含量，腹部和背部的 ADSCs 含量分别为(21.2±9.1)/HPF(10×40)和(27.8±4.2)/HPF(10×40)，明显高于其他部位。由于尸体同活体有所不同，其研究结果具有一定的局限性。目前，还没有关于活体取材进行 ADSCs 含量测定的报道，但活体取材测定具有可行性，并且具有重要的临床指导意义。

（二）脂肪组织的获取方法

目前脂肪组织的提取方法主要有抽吸法和切取法两种。Coleman 首先指出大多数脂肪移植手术中所用的脂肪是通过插管连接一个 10ml 注射器的方法获取的。使用 10ml 或 60ml 注射器进行手动吸取脂肪与在 537mmHg 和 643mmHg 负压下吸取脂肪具有明显区别。2mm 插管连接 10ml 注射器低压抽脂与 3mm 插管连接 60ml 注射器相比，所抽取的脂肪细胞死亡数目减少，细胞活性增强。但是有研究将手工抽取的脂肪和机械抽取的进行对比，机械组在 100mmHg 负压下使用 4 号 Byron 插管，手工组使用 50ml 注射器 2mm Byron 插管，结果两组所得的脂肪细胞活性基本相近并且均能生成新的脂肪细胞。因此，两种方法存在差异的说法还没有得到证实。离心法对脂肪细胞的影响一直存在争议，离心法可以增强脂肪细胞的分离，浓集 ADSCs。关于离心对脂肪移植成活率的影响，不同的研究有不同的结论。Rose 等将 6000g 离心 3 分钟组同静置组相比，脂肪细胞成活率无

明显差异。Rohrich 等指出在 25℃500g 离心 2 分钟与不进行离心相比，脂肪细胞成活率无明显差异。Freshney 指出离心力保持在 80～100g 下，离心不会对脂肪细胞造成破坏。Smith 等通过建立实验组和对照组，实验组使用 500g 的离心力在 25℃条件下离心 2 分钟，对照组不进行离心，结果表明对照组成活率较高。Yun 等首次利用葡萄糖转运试验来研究离心法对移植脂肪细胞成活率的影响，证明随着离心速度的增加，移植脂肪成活率显著降低，并且指出运用葡萄糖转运试验评估移植脂肪成活率是一种非常有效和具有应用潜力的方法。

切取法所得的脂肪具有塑形相对容易的优点，对眼球摘除后畸形综合征的整复具有较好的效果，因此在眼科的整形手术中有广泛的应用。目前研究多认为，脂肪切取法同脂肪抽吸法相比所获得的脂肪细胞活性并无显著差异，因此，脂肪切取法仍可作为获取游离脂肪组织的可靠手段，但切取的脂肪组织作整块移植时体积不宜过大以免影响成活率，通常移植物直径不超过 1cm。

吉村浩太郎等特别关注实际细胞源的脂肪抽吸物，对抽吸的脂肪与切除的脂肪进行研究比较，继而对抽吸悬浮的脂肪部分与下层废液部分的细胞群进行比较分析。自抽吸脂肪中离心分离的 ADSCs 数（平均 48%）较低，即抽吸脂肪组织中的干细胞（祖细胞）相对低于正常脂肪组织，其原因可能与术中回避大血管、机械性损伤和内在酶反应等有关。此外 ADSCs 在术中和吸引瓶内保存期间也可能被游离在废弃液内。将离心后上层（吸脂脂肪）和下层（吸脂液）获取的活性成分叫间质血管成分（SVF），其中细胞成分分别称为吸脂脂肪提取（processed lipoaspirate）细胞（即 PLA 细胞）、吸脂液提取（liposuction aspirate fluid）细胞（即 LAF 细胞）。研究发现两种细胞均含有脂肪来源细胞和血液来源细胞，但吸脂液来源者含有压倒性大量末梢血细胞成分，显示其受吸脂术中出血量的影响。在细胞新鲜状态方面，PLA 细胞和 LAF 细胞的数量大致相同，但细胞培养结果显示，PLA 细胞数量显著增多（是样本的 1.5～10 倍）。与 LAF 细胞相比，PLA 细胞含有较多的脂肪来源细胞（$CD45^-$），而血液来源的细胞（$CD45^+$）相对较少。新鲜状态的 LAF 细胞也含有不少的 $CD34^+$、$CD45^-$ 细胞（脂肪源性细胞，多数为 ADSCs），该细胞培养在形态、培养倍增时间、多分化潜能（脂肪、骨和软骨）、细胞表面抗原表达方面均与 PLA 细胞十分相似。吸脂液中也含有相当数量的 ADSCs。

（三）ADSCs 的离体扩增

利用分层纯化法将脂肪混合物静置片刻，分别去除上下两层。将获得的脂肪用 PBS 缓冲液洗 4 次，以去除红细胞和细胞碎片。清洗后用适量的 0.075%胶原酶Ⅰ在振动器 37℃下消化 1 小时。胶原酶Ⅰ活性用等量 DMEM（含 10%胎牛血清）中和后离心 1200 转（10 分钟）。细胞即被悬浮在 DMEM 中。用 100 目筛网过滤，离心 10 分钟以沉淀细胞，重新悬浮细胞加至培养瓶，在 37℃ CO_2 孵箱中培养 24 小时，更换培养液将未贴壁细胞和残渣除掉。后每周换液 2 次，达到对数生长期后，用胰酶 37℃消化，按 1:3 的比例进行传代。体外扩增 10 代，平均每代倍增数目为 1.59±0.224，累计倍增数目为 15.53。消化所得细胞除用于延续培养和进行相关实验外，其余可按照一般方法冻存。冻存后 6 个月内，以 37℃水浴快速复苏细胞，接种于培养皿中可继续传代扩增。

ADSCs 至少能保持 20 代的传代活性，且细胞倍增时间与年龄呈正相关，即年轻人较年老者的 ADSCs 具有更强的增殖能力。自分泌成纤维细胞生长因子-2（FGF-2）对于 ADSCs 的自我增殖具有关键性意义。ADSCs 在体外的倍增时间按照培养基的类型和传代数目的不同大致为 2～4 天，且在传代中保持其端粒酶的长度。但也有报道称端粒酶在递进式传代过程中会逐渐失去活性并缩短。此类研究涉及 ADSCs 移植的安全性问题，有报道称观测到人类 ADSCs 在经历长期传代（>4 个月）后发生恶变，提示对于 ADSCs 移植必须建立一套严格的安全性检测体系，其中应包含染色体组型测定。

新鲜 ADSCs 不表达 CD105（endoglin，间质干细胞标记物之一），但在培养后可见其表达。离体

继续培养，CD34 表达缓慢减少，采用 DMEM 培养 2 周，可见 CD34 表达消失，但如果使用其他培养方法，也可以长期维持 CD34 表达。而且，ADSCs 因培养方法不同其表型会有较大的差异，可诱导细胞强表达 Flk-1。培养（1 周、4 周和 10 周）的 PLA 细胞和 LAF 细胞表面抗原的表达情况见表 14-2。

表 14-2 培养的 PLA 细胞和 LAF 细胞表面抗原的表达情况（吉村浩太郎.2006）

		1 周	4 周	10 周
CD10	PLA	85.0±8.5	89.5±1.5	82.7±4.0
	LAF	76.7	69.7±8.7	65.6±8.6
CD13	PLA	98.5±0.7	99.7±0.1	99.5±0.1
	LAF	99.6±0.1	99.8±0.1	99.1±0.2
CD29（整合素 β_1）	PLA	95.6±1.4	98.9±0.2	97.1±1.6
	LAF	97.8±0.6	98.9±0.2	98.0±0.4
CD31（PECAM-1）	PLA	2.5±1.0	0.2±0.0	0.2±8.4
	LAF	2.6±1.0	0.3±0.1	0.3±0.1
CD34	PLA	47.4±8.5	17.4±3.8	22.1±4.3
	LAF	52.7±8.9	27.4±7.8	21.1±5.3
CD36	PLA	14.4±2.5	20.5±3.6	14.9±4.0
	LAF	13.2±3.4	5.6±1.3	18.2±7.1
CD44	PLA	91.3±3.0	93.9±2.1	93.1±1.0
	LAF	94.0±2.9	95.7±3.0	89.1±4.4
CD45	PLA	1.9±0.8	0.0±0.0	0.1±0.0
	LAF	3.1±1.1	0.1±0.0	0.4±0.1
CD49d（整合素 α_4）	PLA	39.0±8.9	86.3±3.0	84.6±4.5
	LAF	52.2±7.0	67.9±6.8	83.7±4.2
CD49e（整合素 α_5）	PLA	97.3±1.3	98.4±0.6	97.1±0.4
	LAF	91.9	96.4±2.7	94.7±1.2
CD54（ICAM-1）	PLA	81.8±5.1	51.0±5.4	39.0±0.4
	LAF	72.9±10.7	30.7±6.9	51.1±7.1
CD56（NCAM-1）	PLA	2.9±1.6	5.5±1.7	3.9±6.0
	LAF	4.7±1.7	5.1±3.1	11.8±10.0
CD59	PLA	99.1±0.6	99.9±0.1	99.6±0.1
	LAF	99.8	99.9±0.1	99.1±0.4
CD71（转铁蛋白受体）	PLA	29.3±9.2	8.7±4.3	0.5±0.1
	LAF	37.0±10.8	1.4±0.7	2.1±1.7
CD73	PLA	87.4±4.1	94.1±3.0	91.8±2.8
	LAF	91.3±1.6	98.6±0.9	93.9±1.3
CD90（Thy-1）	PLA	96.5±1.0	99.8±0.1	99.7±0.1
	LAF	98.4±0.4	99.9±0.1	99.0±0.5
CD105（endoglin）	PLA	64.1±9.7	64.5±6.9	56.6±5.9
	LAF	74.6±7.6	68.0±3.8	42.0±3.3
CD106（VCAM-1）	PLA	1.7±1.3	0.1±0.1	N / A
	LAF	0.3±0.2	0.0	N / A
CD117（c-kit）	PLA	3.0±1.4	1.7±0.6	1.9±0.5
	LAF	2.8±1.3	0.9±0.3	3.7±1.8
CD133（AC133）	PLA	3.3±2.3	0.1±0.0	0.1±0.0
	LAF	0.7	0.0	0.2±0.1
CD144（VE-钙黏蛋白）	PLA	0.4±0.2	0.2±0.1	0.0±0.0
	LAF	0.0	0.2±0.2	0.0±0.0

续表

		1周	4周	10周
CD151	PLA LAF	94.0±1.7 96.9±0.7	98.2±0.6 99.0±0.5	95.2±1.6 95.7±1.1
HLA-A、B、C	PLA LAF	70.9±15.7 58.8	83.8±4.4 93.5±3.2	82.6±4.3 80.7±4.2
Flk-1（VEGFR-2 / KDR）	PLA LAF	3.4±2.1 0.7	0.3±0.1 0.2	0.4±0.1 1.6±0.8
Tie-2	PLA LAF	2.4±1.3 0.6	0.2±0.1 0.1	0.3±0.1 0.6±0.3
STRO-1	PLA LAF	2.2±0.9 2.5±0.7	2.4±0.5 1.6±0.8	3.3±0.8 3.7±1.5

在新鲜的 LAF 细胞中多数为外周血细胞，其细胞组成和表面抗原表达与 PLA 细胞存在很大的差异，但培养过程非常相似。因培养方法不同，即使培养 10 周仍有 10%～20%的细胞持续表达 CD34。

（四）ADSCs 移植的实验研究

ADSCs 在一系列化学物质与细胞因子的作用下可以分化为不同的细胞，包括脂肪、骨、软骨、心肌、平滑肌、骨骼肌、肝、胰、血管内皮、上皮组织及中枢神经系统的细胞等，也可以用作基因治疗的载体，甚至能应用于血液病的治疗。这显示 ADSCs 在再生医学领域具有潜在的巨大应用前景。

1 （软）骨和骨髓再生　国际上首先应用 ADSCs 的临床报告用于骨再生。骨再生相对比较容易，在外周骨组织缺损部位通过合适的模型（支架材料）容易形成骨基质。小川等（2006 年）在小鼠和大鼠皮下进行 ADSCs 和羟基磷灰石模型骨再生试验，但是其组织中观察到骨髓成分。他们目前正在研究造血器官再造的可行性。

国内 Cui 等应用 ADSC-PLGA 复合物来修复关节非负重部位的软骨缺损获得成功，证明了 ADSCs 可以用于软骨的修复，但其生物学性能是否可以长期满足活体的功能尚有待于进一步研究。

2 血管组织再生　Amos 等（2008 年）利用免疫荧光标志 ADSCs，经一段时间的体外培养、扩增后，注射至微循环障碍模型的裸鼠的肠系膜内，60 天后发现 29%的 ADSCs 表达脉管系统的表型，并表达一些脉管系统的特征性标志，同时还发现，经 ADSCs 处理后，新血管密度较空白对照组明显增加，表明 ADSCs 能够向脉管系统分化，同时通过某种机制促进血管新生。Cao 等（2005 年）从脂肪组织提取的细胞中分选到 CD31、CD34 阴性的细胞，并培养在含有 VEGF 与 FGFb 等生长因子的培养液中，可以发现管样结构形成、内皮细胞表型表达阳性，具有典型的内皮细胞吞噬功能。将其移植到裸鼠缺血损伤部位，2 周后发现组织灌注改善，新生的血管内皮均由 ADSCs 分化组成。Wang 等（2010 年）也得出 ADSCs 不仅具有间充质细胞的分化潜能，还具有内皮祖细胞的性质，可以用于血管新生的细胞治疗的结论。因此，ADSCs 的新血管生成作用不仅可用于治疗性血管形成，也可用于治疗性血管新生。

3 神经再生　虽然已有间质干细胞再生神经的细胞骨架崩解的研究报道，然而小川等采用电镜、免疫染色等离体实验显示，ADSCs 可以向双极性的神经细胞转变。电镜观察也证实，细胞之间产生缝隙连接。如果能够观察到突触的电化学活动，进而能够在脑内立体培养的话，即有可能实现神经组织再生。

4 脂肪组织再生　对 GFP 转基因小鼠的 ADSCs 离体分化诱导培养 1 周后，与纤维蛋白（fibrin）胶一起注射移植至裸鼠皮下，移植后 4 周局部形成黄色半透明的组织，荧光显微镜下观察

到绿色荧光以及油红 O 染色呈现的深红色着色，据此判断移植的 ADSCs 已分化形成脂肪组织。目前正在探索以聚乙醇酸(polyglycolic acid)、I 型胶原海绵等物质为支架材料的脂肪组织再生，以及最适移植手段的研究。

5. 牙周组织再生　将大鼠上颚磨齿部制作圆形牙周组织缺损，首先将分离培养的 ADSCs 与同种异体大鼠富含血小板血浆(platelet rich plasma，PRP)一起充填移植至缺损部位，术后 8 周局部可见齿槽骨水泥样的良好再生及其间膜样齿根的结构。

6. 角膜基质组织再生　Francisco 等(2008 年)尝试将人 ADSCs 直接注入活体兔角膜内，发现移植术后 12 周仍可检测到人 ADSCs 的存在，无免疫排斥现象发生，并且免疫学检测发现在体内微环境诱导下人 ADSCs 向角膜基质细胞转化，表达角膜基质细胞特异性蛋白聚糖。鲍慧婧等人(2010 年)采用兔 ADSCs 培养至第 4 代接种在 PLGA 载体支架上，体外培养 7 天后将 ADSCs-PLGA 复合物回植到角膜基质缺损模型的兔角膜基质层间，结果兔 ADSCs 在 PLGA 支架上生长增殖良好，实验组移植术后 12 周材料降解，角膜基本恢复透明，组织学检查显示移植后 24 周新生角膜基质样组织与正常角膜基质组织相似(图 14-1、图 14-2)，电镜下胶原纤维直径与正常角膜基质组织比较无统计学显著差异，表明 ADSCs 可作为种子细胞来源用于构建组织工程角膜基质。

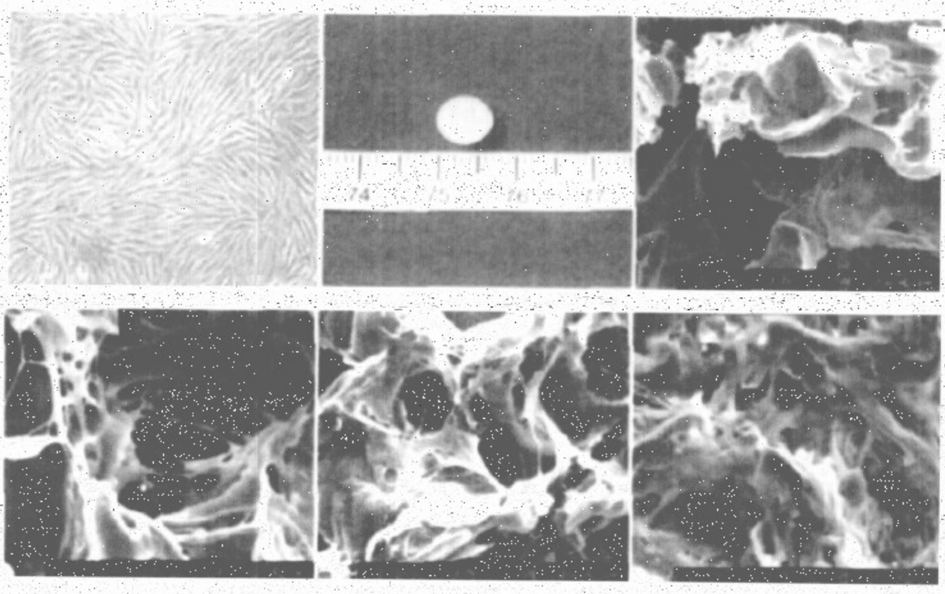


图 14-1　ADSCs 和 PLGA 及两者复合物的形态学观察

7. 皮肤组织再生　ADSCs 复合胶原构建的组织工程活性皮肤替代物移植后可加速新生血管形成、促进创面修复，可用于皮肤缺损的修复治疗。陆伟等(2007 年)采用体外扩增的 ADSCs 与胶原复合构建组织工程活性皮肤替代物并移植于皮肤缺损处，结果显示可加速新生血管形成，促进创面修复。推测具有多向分化潜能的 ADSCs 可在皮肤创面微环境诱导下直接分化为表皮细胞和血管内皮细胞。在后续的实验中发现标记的 ADSCs 出现在鼠皮肤的汗腺和毛发中，可能是 ADSCs 向皮肤附属器方向分化，证据需要进一步完善。

8. 肝脏组织工程　TALéNS-VISCONTI 等(2007 年)将从吸脂术中分离得到的 ADSCs 在体外经过两步诱导：首先在 DMEM 中加入肝细胞生长因子、重组牛碱性成纤维细胞生长因子和维生素

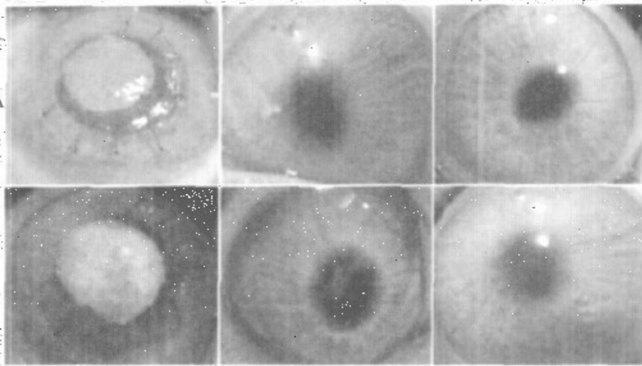


图 14-2　术后 0、12、24 周时兔角膜大体观察

B_1，然后在 DMEM 中加入抑瘤素 M 和地塞米松。诱导后可以观察到转化后的细胞在形态上变为立方状或者圆形，表面表达 CD13、CD90 和 CD105，通过 RT-PCR 检测细胞内有 CK18、CK19、清蛋白、细胞色素 2E1、增强子结合蛋白 β 等的基因表达。SEO 等（2005）报道，将加入二甲基亚砜、HGF 和抑瘤素 M 诱导的 ADSCs 从尾静脉输入由四氯化碳造成肝损伤的 SCID 小鼠体内，观察到在体内转化后的细胞能产生清蛋白。上述实验从体外和体内两方面有力地证明了 ADSCs 可以向肝细胞方向转化，有望成为肝脏自体组织工程的种子细胞。

9　基因治疗的载体　2008 年 Kucerova 等利用 ADSCs 作为药物细胞载体，通过其归巢作用成功抑制了小鼠黑色素瘤的生长。

三、小结

ADSCs 具有多向分化潜能，且易获得，易扩增。相信随着对 ADSCs 认识的深入，ADSCs 将会在细胞治疗和组织工程化组织构建等再生医学领域发挥积极作用，拥有广阔的应用前景。

第三节　脂肪源性干细胞移植的临床应用及实践

人体肥胖或脂肪组织堆积为现代人所厌恶和不齿，吸脂术后如果能有效利用这些废弃的脂肪组织那是再好不过的了。因此，近年许多学者广泛开展了 ADSCs 的研究。脂肪组织的祖细胞（间质性血管细胞）、脂肪间质细胞是具有多向分化潜能的细胞，也被称为 ADSCs。整形外科通过吸脂能够获得大量（1L 以上）的脂肪组织，因此作为取代骨髓成为新的成体干细胞源而备受关注。最近有学者报道，将脂肪源性干细胞用于软组织充填可获得部分临床治疗效果。

一、临床应用的可行性

自 2001 年报道 ADSCs 以来，该细胞不仅能分化成骨细胞、软骨细胞、脂肪细胞、血管内皮细胞和肌细胞等间质细胞，而且可以分化诱导为神经细胞、表皮细胞和肝细胞等间质以外的细胞。由此可见，ADSCs 有望生成机体所有组织的构成细胞。然而，要将其应用于临床，在开发适合各种细胞

的模具,以及活体细胞增殖、分化机制等研究方面仍相差甚远,其中制作功能性组织和器官是最大的障碍。基于此,细胞治疗和细胞基因治疗可能比组织再生更贴近临床应用。有关骨和脂肪的再生已有临床应用的报道,今后应以骨、软骨、皮肤和脂肪组织的再生为研究重点,推进组织再生的临床研究。

二、ADSCs 的临床治疗策略

(一) 通过 ADSCs 分化诱导进行治疗

该方法最有可能应用于重建外科领域。分离脂肪组织干细胞,在离体或活体条件下被分化诱导成目的细胞。细胞增殖后要维持三维立体形态需要有细胞支架材料,因而在完全组织缺损时,需要使用人工材料和自体组织制成与缺损组织结构类似的模型;如果是部分缺损,也许不用三维模型,即可通过干细胞的组织再生作用完成缺损部位的修复(图 14-3A)。具体适应证有以小耳症为首的先天性疾病、外伤引起的骨缺损和手术引起的软组织缺损等。

(二) 通过 ADSCs 分泌的细胞因子进行治疗

该方法无须干细胞分化为功能细胞或目的细胞,其目的是通过干细胞分泌的可溶性细胞因子对既存细胞施加影响,使其恢复功能和促进创伤(面)愈合。对于各种脏器的炎症和大面积损伤等广泛的弥漫性疾病,通过给予干细胞(如局部注射)即可获得炎症舒缓、损伤修复的功能作用(图 14-3B)。可选择性应用于脑缺血和脊髓损伤的神经功能康复,以及肾炎、肝炎、肝硬化等功能障碍性疾病的治疗。该治疗方法属于细胞疗法的范畴。

(三) 用作基因和蛋白传递体的 ADSCs 治疗

该方法并非依赖干细胞的多分化潜能,而是期待其增殖和长久生存能力,如能再具备向目的器官游走能力的话将能发挥更大的治疗作用。体外利用病毒载体等将目的基因导入干细胞,使其能够合成和分泌日常治疗所需蛋白(图 14-3C)。通过此细胞在机体特定场所的长期功能作用,无疑能够治疗多种遗传病,以及用于恶性肿瘤的癌疫苗和免疫增强作用。该方法同样属于细胞基因疗法的范畴。

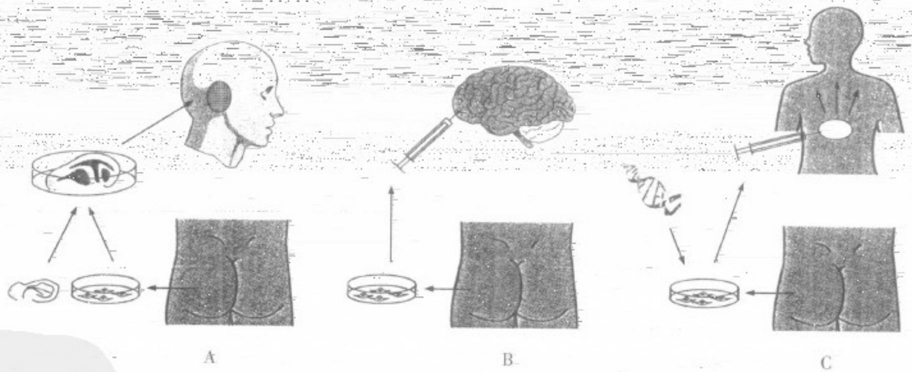


图 14-3 ADSCs 的治疗方法(适用于所有干细胞)

A. 组织再生通过干细胞分化增殖潜能发挥治疗作用 B. 细胞疗法通过干细胞分泌的活性因子发挥治疗作用 C. 细胞基因疗法通过干细胞导入基因的表达来发挥治疗作用

三、用于组织再生的具体方法

在上述方法中，与整形外科医生关系最密切的就是重建外科领域的组织缺损修复。虽然有多种组织再生方法，但是目前仍以利用体内环境完成体内组织再生的方法最现实（图 14-4）。ADSCs 能够开展的组织重建工作大致如下（小川令，2006）：

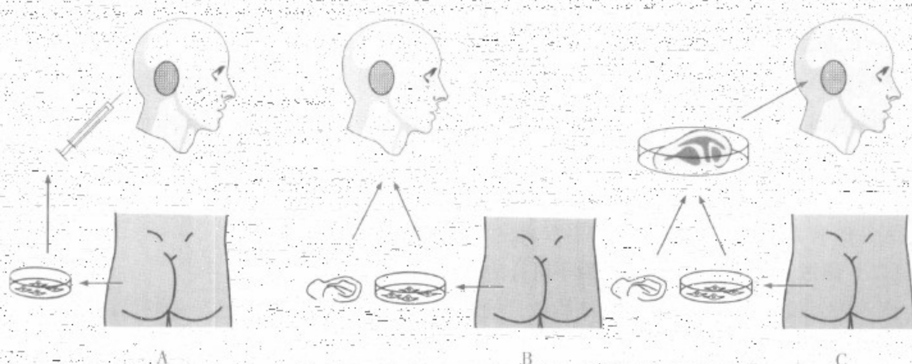


图 14-4　利用 ADSCs 的组织再生

A．通过单纯细胞移植的体内组织再生　B．采用模型移植的体内组织再生　C．采用模型的体外组织再生

（一）直接将 ADSCs 移植到重建部位

将干细胞进行离体培养，在大量扩增后将其移植到重建部位，期待干细胞进行组织构筑（图 14-4A）。为了提高离体扩增效率可预先对干细胞进行某种修饰，例如可以进行目的细胞的分化诱导或基因导入。虽然局部也能直接移植完全不修饰的干细胞，但假如周围缺乏目的细胞分化的诱导信号，干细胞将难以分化成预期的细胞。例如为了实现脂肪再生目的，可以将干细胞直接注射到脂肪组织中，然而这样做是否能高效地分化为脂肪细胞我们不得而知。

移植方法中，最简单的是采用注射方法。但是，不考虑注射部位的话，多数时候细胞是不能存活的，因此必须选择性注射到筋膜和骨膜等能够充当支架作用的部位。但该方法难以应用于大的和（或）结构复杂的组织再生，可能比较适合脂肪组织这类的软组织再生。

（二）通过 ADSCs 体内再生和移植重建组织

在使用干细胞和模型进行组织再生时，先进行体内组织再生或离体组织再生，待模型预制后再进行移植（图 14-4B）。这里，先就最现实的体内组织再生进行叙述。

1 复合组织的移植（图 14-5）　与离体再生组织的方法相比，该方法优点是环境因素容易准备，缓释的活性因子等也容易搭配，但是，如果结构过于复杂或组织过大，移植后中央部很容易发生坏死。如果从再生组织吸收和分解的角度考虑，还是（体内）重建或预制有血管蒂的块状组织比较适宜，至少移植后能够获得较高的存活概率。

2 （预制）带血管蒂的组织移植（图 14-6）　是与预制皮瓣概念十分接近的一种移植方法。利用模型通过干细胞在体内完成组织再生，由于再生组织的部位含有现成的血管蒂，因此游离皮瓣后即可移植到重建部位。此方法由于能够再生血供丰富的移植组织，再生组织移植后有可能得到长期维持。小川等实验证实，移植带血管蒂的再生组织，移植后能够保持再生组织的结构。

3 重组游离血管束移植　百束等报告了融合组织工程学技术的血管束移植方法。分离血管束，结扎一端成盲端，另一端与移植部位血管吻合，术后 2～3 天开始毛细血管再生，在此构筑新的

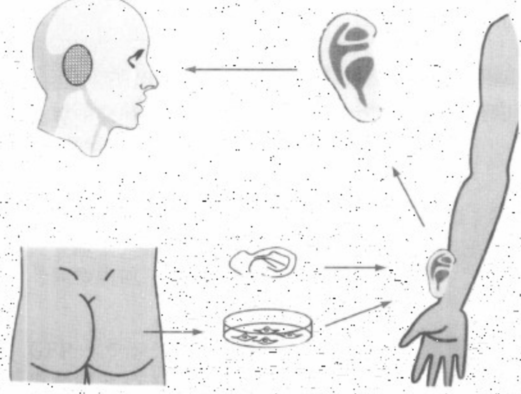


图 14-5　复合组织的移植
体内组织再生时，要移植较大的复合组织很难成活，需要构筑有血管蒂的组织结构

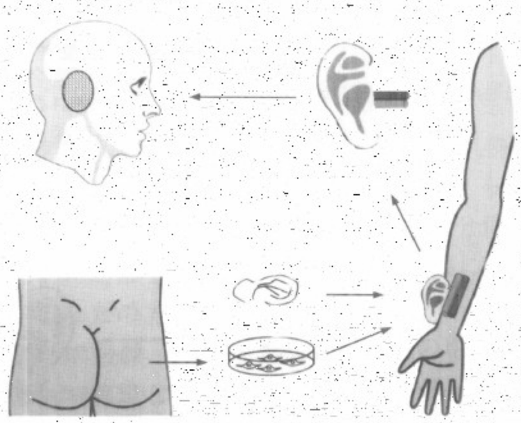


图 14-6　带血管蒂的移植
预先制作带血管蒂的皮瓣，然后分离该再生组织的皮瓣，即可实现组织移植

血管系统，最后以该部位再生组织为皮瓣进行移植。此方法的优点是在合适再生的场所进行组织再生，并能够自由移植。即使皮瓣供区和组织再生部位受限的患者也能在可利用的场所完成组织再生，可自由移植到重建部位。

（三）通过 ADSCs 离体再生和移植重建组织

在离体条件下利用（干）细胞和模型构筑组织，然后再移植到重建部位（图 14-4C）。该方法只能再生较小的、构造不复杂的组织，不适合体外较大组织的制作和移植，因为移植后组织中央极易发生坏死。比如，针对恶性肿瘤切除后的骨缺损等人为引起的组织缺损，可考虑使用羟基磷灰石预先制作缺损模型，然后再移植到重建部位。此外，今后还可以将诱导分化为神经细胞的干细胞接种在聚合物中，然后再移植到脑部等。目前，该方法的关键问题不是模型的制作和移植，而是离体如何构建诱导组织形成的环境。

四、ADSCs的现状和问题

脂肪(注射)移植术属于游离组织(细胞)移植,虽然长期以来一直存在移植物的存活和真实性的问题,但该治疗方法也具有供区和移植区不留瘢痕、不存在异物等后遗症、比皮瓣移植具有整形重塑的自由度高和侵袭性小等优势,是符合美容理念的优秀的治疗方法,因此近年这类手术的数量迅速增加。

脂肪移植具有以下优点:①供区和移植部位不留瘢痕;②属于自体组织移植,不会产生假体后遗症;③比带蒂皮瓣或游离皮瓣的形态重建的自由度高;④移植物长期存活并随着年龄增加而自然改变。其缺点包括:①存活率低(术后移植脂肪组织发生萎缩);②受技术因素影响,其移植效果不稳定;③偶尔可以引起囊肿形成(包块、结节)和钙化等。在美国每年开展颜面部等脂肪(细胞)充填手术约6万例,而用于隆乳的手术仍很少。

乳房脂肪移植始于20世纪80年代初,主要是Bircoll等散在开展。但是,基于移植物的钙化可能影响乳腺癌诊断的考虑,不少学者对其些许美容增大的效果提出反对意见,此后采用人工假体隆乳便成为标准的手术方法。然而假体的广泛应用又带来了纤维囊挛缩(伴钙化)、波感等严重的后遗症,因此有关的争论仍不绝于耳。此后,通过对采集、预处理和移植技术的改进,脂肪移植术的例数逐年增加(10年间增加7倍)。随着脂肪移植相关技术的进步及乳腺癌诊断设备和技术的进步,近年已经基本改变对乳房脂肪(注射)移植的不良看法。

五、ADSCs的临床应用实践

(一)颅骨缺损修复

2004年,Stefan报道一例应用自体脂肪源性干细胞及松质骨移植修复颅骨缺损的病例,是脂肪源性干细胞在骨修复方面的最早临床应用。患者为多处颅骨闭合骨折的7岁儿童,因颅内高压行双侧颅骨瓣减压,3周后将低温保存的颅骨回植、固定。但可能因固定欠佳的原因,导致骨质吸收、继发慢性感染、骨缺损迁延不愈。为避免继发的颅脑损伤,Stefan在取自体髂骨松质骨时切取臀部的脂肪,分离提取脂肪干细胞后注入松质骨移植区,表面用自体纤维蛋白胶封闭,抑制细胞流失。术后2~6周未见异常,术后3个月CT复查可见明显骨质形成。2009年Mesimaki等报道,体外培养的自体ADSCs重建上颌骨半切除术患者的上颌骨,随访36个月,上颌骨顺利愈合并恢复功能。

(二)创面修复

2007年,Rigotti等发表一项研究,应用脂肪源性干细胞治疗20例放射性治疗后严重并发症及难愈合伤口的患者。利用吸脂手术收获脂肪组织并离心,获取并纯化细胞,并将其注入放射治疗部位,发现组织伤口的愈合有明显的改善。他们推测,这种效果应归功于脂肪组织中的干细胞。2010年,Akita等报道了1例继发于放射性治疗的骶尾部溃疡的病例。经联合使用重组人碱性成纤维细胞生长因子、人工皮肤替代物。自体脂肪源性干细胞治疗后,创面愈合。

(三)软组织充填

Yoshimura是首位公布ADSCs临床经验的作者。2003~2008年Yoshimura等利用细胞辅助的脂肪移植术进行了临床研究,共做了307例患者(女性303例,男性4例),其中乳房手术269例(177例隆胸术、52例乳房植入物替代术和40例乳房切除术后再造)、面部手术48例(3例红斑狼疮、2例Romberg综合征和1例硬皮病)、臀部手术4例、手部手术3例。结果显示患者对移植后皮肤的自然纹理、柔软度、软组织充填后的塑形等都很满意。

1 细胞辅助自体脂肪移植的概念　为了解决抽吸脂肪中的祖细胞不足(ADSCs/脂肪细胞比值低下)问题，Yoshimura 等研究了从抽吸脂肪分离新鲜 ADSCs(实际是 SVF)的治疗价值，并将此技术命名为细胞辅助自体脂肪移植(cell-assisted lipotransfer，CAL)。其基本概念是：以离心处理的新鲜抽吸脂肪为支架，将新鲜 ADSCs 黏附到该支架上，以提高 ADSCs/脂肪细胞比值，形成富 ADSCs 脂肪移植材料(图 14-7)。

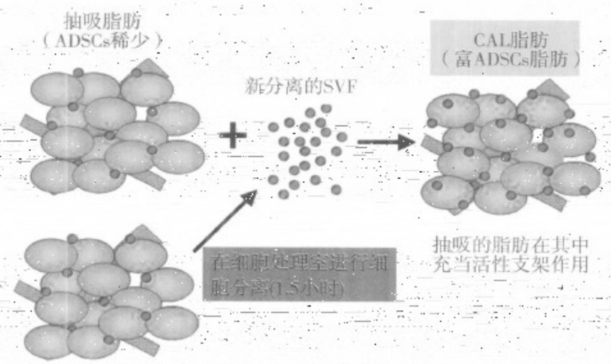


图 14-7　细胞辅助自体脂肪移植(CAL)的基本概念
与切除脂肪相比，抽吸脂肪中含有的 ADSCs 数量相对较少，以 ADSCs 稀少的抽吸脂肪为支架，使额外添加的 ADSCs 黏附于支架上，形成富 ADSCs 的脂肪移植材料

CAL 动物实验显示，添加 ADSCs 对脂肪移植具有重要的意义，尤其是在周围部位能够观察到血管再生显著增加和中心性坏死范围明显缩小。通过跟踪标记细胞发现，ADSCs 存活在移植脂肪的结缔组织内和成熟脂肪细胞之间，一部分 ADSCs 可以分化成血管内皮细胞。

ADSCs 在 CAL 中的作用大致有以下几种：①ADSCs 向成熟脂肪细胞分化，成为移植脂肪细胞的一部分。ADSCs 以往被称为脂肪祖细胞，离体实验证实与成熟脂肪细胞一起培养能够诱导 ADSCs 向脂肪细胞分化，因此有充分的理由相信，移植后能够通过急性期炎症和黏附脂肪的刺激使 ADSCs 向脂肪细胞分化。②ADSCs 向血管内皮细胞分化，将有助于急性期血管再生和移植脂肪成活。近年大量研究证实，ADSCs 能够分化成血管内皮细胞。③通过移植后即刻的低氧(缺血)状态诱导血管再生因子释放，以刺激外周血管再生和移植物的成活。已知在低氧状态下，ADSCs 能够分泌具有血管再生作用的 VEGF 和 HGF 等生长因子。④移植脂肪内未分化状态的 ADSCs 可以增加组织特异性祖细胞对脂肪细胞的周转。正常脂肪组织的更新缓慢(1.5～3 年)，脂肪组织移植后受到短暂的缺血-再灌注损伤，由此将引发移植后早期阶段的脂肪组织周转和更新。如果移植早期参与更新的祖细胞(ADSCs)不足与术后移植的脂肪组织萎缩有关，那么即可通过预先添加 ADSCs 以抑制脂肪组织萎缩。ADSCs 的这种作用已经在多数动物实验中证实。

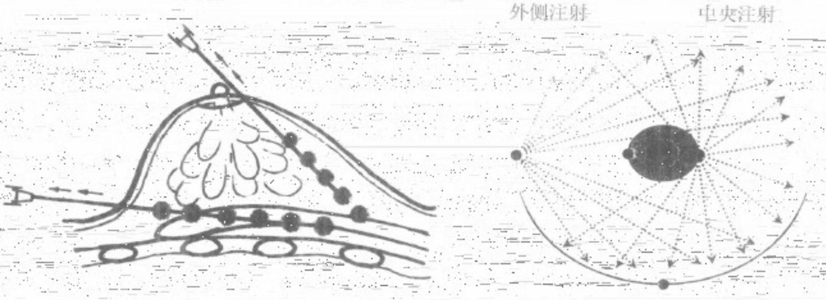
2 CAL 的操作方法

(1) 脂肪抽吸：采集部位通常选用大腿和(或)腹部。不使用超声波和电动装置，只采用普通的脂肪负压(500～700mmHg)吸引方法采集 1000～1500ml 脂肪量。移植材料采集时避免使用 2mm 以下的细吸引管，最好使用内径 3mm 的吸引管。

(2) 从抽吸脂肪获取 ADSCs：首先将手术初期大约一半的抽吸脂肪送至细胞处理室，通过酶处理自抽吸脂肪和抽吸液中获取 SVF。该过程大约需要 80 分钟。

（3）移植用脂肪的处理：以手术后半程的抽吸脂肪为移植材料并进行处理。经 700～1200g 离心处理，在最大限度去除油分、水分和血液成分的基础上，压实移植脂肪，使其体积缩小。

（4）脂肪注射移植：将处理后的 SVF 添加到离心脂肪组织中，搅匀后使其相互黏附，并立即进行注射移植。由于室温下放置或机械处理会使脂肪细胞逐渐破坏，因此迅速移植非常重要。因使用螺旋式一次性注射器，因此注射时必须有助手从旁协助，但应注意每次微量注入，防止过量注射（图 14-8）。



A　　B

图 14-8　脂肪注射隆乳术的

A. 注射时的断面　B. 注射点和注射方向

（5）乳房 4 点注射法：沿皮下脂肪、乳腺下脂肪、胸肌内等由深及浅地依次放射状进行，呈细点状或线状将脂肪移植材料注入组织中，注意避开乳腺。

（6）术后护理：术后无须消毒和拆线，术后第二天可以淋浴，1 周后可以浸浴。术后持续 2 周戴用预先准备的且大小合适的胸罩以保持乳房外形。移植脂肪在术后 1 个月内处于不稳定状态，因此术后至少 3 个月内禁止胸部按摩。6 个月、1 年及以后每年进行乳房 X 线拍片、MRI 检查，以排除钙化等异常情况发生。

3 CAL 的临床效果　Yoshimura 应用 CAL 隆乳的平均移植脂肪量为 271ml，平均手术时间约 4 小时，最长随访时间 3.5 年。术后可见乳房皮下出血，1～2 周后消退。一般术后 2 个月内出现移植脂肪吸收或萎缩，此后乳房体积进入稳定阶段，其数值变化在测定误差范围内。

所有患者均获得满意的组织增大效果。脂肪成活情况存在个体差异，体积增大 100～200ml，大约是移植量的 40%～70%。引起患者间个体差异的原因难以确定。采用三维立体装置能够对乳房增大的体积进行动态定量评估。

由于乳房植入物存在后遗症，因此 15 例患者在植入物取出的同时接受 CAL 法隆乳手术，其中 8 例患者进行手术前后的三维立体测定。结果在术后 6 个月时仍能观察到 100～230ml 的隆乳效果，乳房形态自然、组织柔软，未见乳房假体隆乳术后的局部变形和挛缩。典型案例见图 14-9、图 14-10（吉村浩太郎，2007）。

术后超声、MRI 或 CT 检查：106 例次乳房中检查出囊肿（直径 5～12mm 以下）6 例、微小钙化点（1mm 以下）3 例，该钙化灶容易与乳腺癌钙化鉴别。这些发生囊肿和钙化的患者自皮肤表面不容易被触诊，乳房整体柔软度与自然脂肪相同。

4 最新临床试验进展　目前已有数项脂肪源性干细胞疗法的临床试验正在进行，已完成一项研究，然而，这些临床试验并没有都公开结果。临床试验的主要焦点是软组织充填。

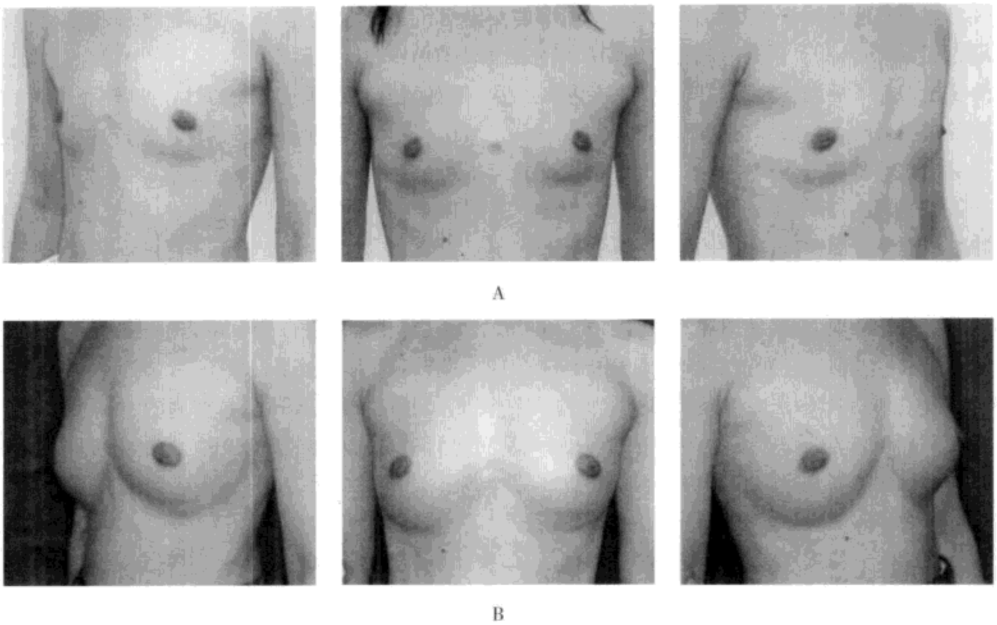


图 14-9　CAL 的临床效果

A. 术前　B. 术后 24 个月时乳房显著增大，乳房坚挺、柔软，未触及皮下硬结；左侧乳房始见乳房下皱褶，明显的注射瘢痕

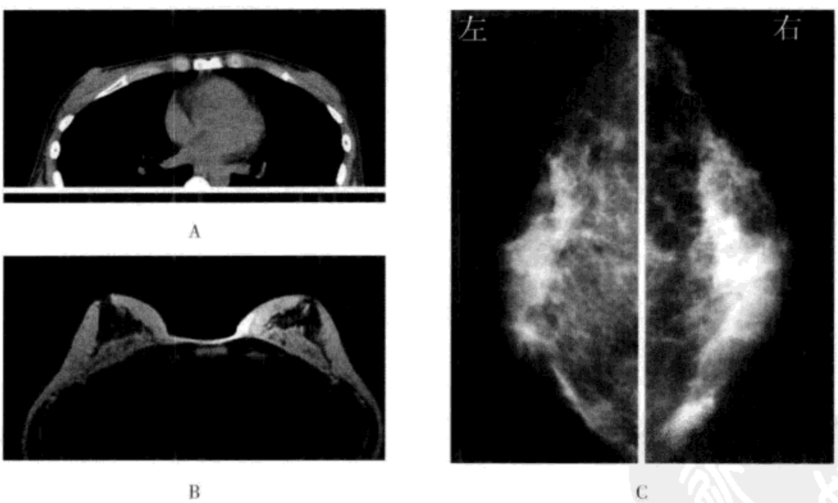


图 14-10　患者胸部放射线影像

A. 术前乳头水平 CT 图像，只观察到乳腺周围菲薄的脂肪层　B. 术后 24 个月乳头水平 MRI 影像(T1 加权)，移植的脂肪组织存活，并在乳腺周围及其下方形成较厚的脂肪层　C. 术后 24 个月乳房 X 线照片未见异常

在巴西进行的 I 期实验研究是采用自体脂肪干细胞移植治疗脂肪代谢障碍的患者。初步测量结果显示移植区域体积得以改善。在韩国进行的一项 II 期实验研究脂肪源性干细胞在 Romberg 综合征治疗中的应用，采用三维图像分析评价脂肪层的体积变化。另外一些 II 期和 III 期临床试验研

究自体培养脂肪干细胞在治疗凹陷性疤痕中的安全性和有效性，包括 36 例患者。一项在比利时、意大利、西班牙和英国进行的Ⅳ期上市后研究是 RESTORE-2，研究了脂肪源性干细胞混合自体脂肪矫正切除术后乳房畸形的效果，主要评价指标为整体乳房畸形矫正 12 个月后的功能和外观的改善及患者和医生的满意度评估。在美国，一项由 Antria 主持的Ⅱ期研究目前正在进行，以证明他们的消化酶从脂肪组织中提取的间质血管部分工艺的有效性。总之，截至 2012 年，共有 174 例公开报道的病例，其中 121 例整形美容患者曾经应用 ADSCs，所有病例未见严重不良影响。说明其在软组织充填及伤口愈合方面的结果是令人鼓舞的。

5 讨论　脂肪移植的主要缺点是游离脂肪组织发生坏死。经过多年对脂肪移植技术的改进，形成一致的共识，就是使用钝的导管抽吸脂肪，然后（不清洗）直接进行离心并迅即进行注射移植。特别要求术者移植注射技术熟练，使用的设备也极大地影响着移植效果。

如果利用 ADSCs 能够提高移植脂肪的成活率，避免长期萎缩，无疑具有重要的意义。63 例中有 2 例 SVF 未与脂肪移植物黏附，在脂肪移植后再进行生理盐水悬浮的 SVF（60ml）注射移植，结果其中 1 例患者整个乳房和胸骨部位发生广泛纤维化。此结果提示，ADSCs 与支架（移植脂肪）黏附可能对预防细胞异常分化具有十分重要的作用。

临床研究证实，CAL 具有较好的安全性和移植效果（吉村浩太郎，2007）。但是，该治疗方法存在以下不足：①通常需要双倍的自体脂肪注射移植量，不适合身材瘦小、体重低于 40kg 的患者；②脂肪注射移植量应限制在 300ml 以内；③乳房增大效果存在较大的（100～200ml）个体差异等。

六、ADSCs 应用存在的问题

基础研究及临床研究已展示了 ADSCs 的临床应用前途，但 ADSCs 广泛应用于临床仍存在一些问题和风险。

ADSCs 移植最受关注的不良反应为肿瘤形成的风险。关于脂肪源性干细胞与肿瘤细胞的关系，不同研究者所得出的结论不同，Cousin B. 等发现脂肪源性干细胞抑制胰腺癌细胞增殖，诱导肿瘤死亡；而其他学者发现脂肪源性干细胞的血管再生能力可以促进肿瘤生长。Casteilla 总结前人研究成果得出以下结论：ADSCs 可以促进肿瘤细胞生长但其本身不形成肿瘤，并且只有当 ADSCs 与肿瘤细胞共同移植或在肿瘤早期移植脂肪源性干细胞才会促进肿瘤生长，若在肿瘤形成前移植脂肪源性干细胞，则不会促进肿瘤细胞生长。

ADSCs 的提取及纯化也是限制脂肪源性干细胞临床应用的瓶颈之一。如自体细胞辅助脂肪移植技术，脂肪源性干细胞提取平均花费时间为 90～100 分钟，手术时间明显延长，从而增加了费用及手术风险。另外，脂肪源性干细胞及脂肪细胞配对的比例尚无明确说法，仍需大量临床试验确定最佳比例。脂肪源性干细胞的提取、分离及纯化虽有较多文献报道，但大多为实验室培养，对临床应用仍有一段距离，且目前仍无标准化的方法。脂肪源性干细胞没有明确的标志物，只能通过功能性分析或分化后回顾性分析确定，在应用之前无法确定其提取及纯化程度，在一定程度上也限制了其临床应用。

ADSCs 在体内的转归也是在临床广泛应用时需解决的一个问题。注射入机体后 ADSCs 成活及向脂肪细胞分化的比例，以及是否向其他组织如骨组织及软骨组织异位分化等问题均无明确答案。李科成等应用三种示踪技术体外标记 ADSCs，发现 DiI、BrdU 及携带绿色荧光蛋白（GFP）的重组腺病毒均能有效地标记人 ADSCs。在常用的示踪技术中，DiI 为细胞膜标记，BrdU 为细胞核标记，两项技术均操作简单，但传代后衰减迅速，适合于短期标记示踪。携带 GFP 的腺病毒标记方法较为复杂，但反复传代后仍不衰减，适合于长期的标记示踪观察。但在体内复杂环境下如何安全有

效地标记脂肪源性干细胞并进而观察其存活、分化仍需大量的体内外研究。

在机体生长发育到衰老的过程中干细胞的数目逐渐减少，多向分化的活性也逐渐减弱。所以，如同建立脐带血干细胞库一样建立脂肪干细胞库，及时将脂肪干细胞保存起来，可能是再生医学今后发展的趋势，并有助于临床的大规模规范化应用。传代培养的脂肪干细胞抗原性减弱，当与异体外周单核细胞共培养时，不会刺激混合淋巴细胞反应，提示脂肪干细胞在体内不会引起细胞毒T细胞反应，即脂肪干细胞有一定的免疫抑制能力。然而脂肪干细胞在临床实践中是否能够用于同种异体移植，还有待更多更深入的研究来进一步验证。

七、总结

最近20年内仅美国国内的隆乳术数量就增加了10倍，仅2006年就超过32万例次，已成为最多的美容外科手术。然而，目前美容外科治疗的后遗症中半数以上来自人工假体，其中就有许多来自隆乳后的假体，结果患者被迫接受假体取出手术。令乳房假体植入的患者较为不满的是，平卧位时不自然的乳房形态、乳房硬度和质感不佳、运动时缺乏波动感以及对健康诊断检查的烦恼和未来的紧张不安等，此外在日常生活中产生严重压迫感的患者也较多。CAL在提高软组织充填（隆乳等）效果的同时，可以克服乳房假体植入手术的缺陷，但是该项基础研究和临床应用才刚刚开始，仍有待今后不断改进。

目前，在世界范围内正广泛开展ADSCs向多种组织细胞分化诱导的基础研究，相信在不远的将来有望过渡到临床应用。在脂肪源性干细胞治疗实践中，存在组织再生、细胞疗法和细胞基因疗法的概念差异，特别是组织再生，其体内利用细胞和模型比较现实可行，进而可应用带血管蒂方法完成组织再生，在该领域需要积累和应用预制皮瓣、血管束移植等整形重建知识。在临床上，ADSCs也可被应用于治疗其他疾病，如急性心肌梗死、周围血管疾病、软组织及骨骼的缺损、皮肤损伤、放疗后并发症等。

ADSCs具有来源广泛、体内储备量大、提取方便、能够在体外稳定增殖、且衰亡率低、适宜大规模培养、对机体损伤小等优点。目前脂肪源性干细胞的应用已经在整形美容外科占有重要地位，但现有的研究尚未展示出全部潜力。可以相信，随着对脂肪源性干细胞基础及临床研究的进展，脂肪源性干细胞的应用范围还将不断扩展，从而给整形美容外科带来更多的惊喜。

（姜笃银 刘振中 刘磊 王吉昌）

参考文献

[1] Amos P J, Shang H, Bailey A M, et al. IFATS collection: the role of human adipose-derived stromal cells in inflammatory microvascular remodeling and evidence of a perivascular phenotype[J]. Stem Cells, 2008, 26(10): 2682-2690.

[2] Arnalich-Montiel F, Pastor S, Blazquez-Martinez A, et al. Adipose-derived stem cells are a source for cell therapy of the corneal stroma [J]. Stem Cells, 2008,26(2):570-579

[3] Kurita M, Matsumoto D, Shigeura T, et al. Influences of centrifugation on cells and tissues in liposuction aspirates: optimized centrifugation for lipotransfer and cell isolation[J]. Plast Reconstr Surg, 2008,121(3):1033-1041

[4] Matsumoto D, Shigeura T, Sato K, et al. Influences of preservation at various

temperatures on liposuction aspirates[J]. Plast Reconstr Surg, 2007,120(6):1510-1517.

[5] Ning H, Liu G, Lin G, et al. Identification of an aberrant cell line among human adipose tissue-derived stem cell isolates[J]. Differentiation,2009,77(2):172-180.

[6] Wang C, Cen L, Yin S, et al. A small diameter elastic blood vessel wall prepared under pulsatile conditions from polyglycolic acid mesh and smooth muscle cells differentiated from adipose-derived stem cells[J]. Biomaterials, 2010,31(4):621-630.

[7] Yoshimura K, Shigeura T, Matsumoto D, et al. Characterization of freshly isolated and cultured cells derived from the fatty and fluid portions of liposuction aspirates[J]. J Cell Physiol,2006,208(1):64-76.

[8] Yoshimura K, Sato K, Aoi N, et al. Cell-assisted lipotransfer for cosmetic breast augmentation: supportive use of adipose-derived stem/stromal cells [J]. Aesthetic Plast Surg, 2008,32(1):48-55.

[9] 小川令,水野博司,藤村樹裏,等.脂肪組織由来幹細胞を用いた治療戦略[J].形成外科, 2006,49(10): 1113-1123.

[10] 吉村浩太郎,松本大輔,佐藤克二郎.脂肪幹細胞加脂肪移植術(cell-assisted lipotransfer)による豊胸術[J].形成外科, 2007,50(12):1425-1437.

[11] 吉村浩太郎.人脂肪組織由来幹細胞の基础と临床.形成外科,2006,49(10):1125-1133.

[12] 鲍慧婧,郐俊,尹烁,等.脂肪干细胞构建组织工程化角膜基质组织[J].复旦学报(医学版),2010,37(6):631-636.

[13] 胡全君,张良.脂肪间充质干细胞及其在肝脏组织工程中的应用前景[J].齐鲁医学杂志,2010,25(3):280-282.

[14] Tiryaki T, Findikli N, Tiryaki D. Staged stem cell-enriched tissue (SET) injections for soft tissue augmentation in hostile recipient areas: a preliminary report[J]. Aesthetic Plast Surg,2011,35(6):965-971.

[15] Kamakura T, Ito K. Autologous cell-enriched fat grafting for breast augmentation [J]. Aesthetic Plast Surg,2011,35(6):1022-1030.

[16] Kim M, Kim I, Lee S K, et al. Clinical trial of autologous differentiated adipocytes from stem cells derived from human adipose tissue[J]. Dermatol Surg, 2011, 37(6):750-759.